

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně.“

V Bohumíně, 10. dubna 2010

Bc. David Pisarčík

## ANOTACE

PISARČÍK DAVID, *Aplikace metody FMEA v TPM*, Diplomová práce VŠB-TU Ostrava, 2010

Předložená diplomová práce je zaměřena na oblast řízení rizik v TPM s využitím metody FMEA, jež se opírá o normu ČSN EN 60812. TPM je systém řízení údržby založené na progresivním přístupu údržby napříč celou organizací a cílem práce je zhodnotit využití metody FMEA v TPM a definovat použití v praxi.

Ze závěrů vyplývá, že aplikace metody FMEA je účinný nástroj, jak identifikovat potenciální riziko, které může mít vliv nejen na produkt či proces, ale především na lidský život. Využitím metody může organizace snižovat míru rizika a rovněž neustále zlepšovat systémy a procesy. Je nutné se však zaměřit na doporučená opatření, protože ne každé opatření musí zákonitě snižovat parametry pro výpočet rizikového čísla.

Klíčová slova: analýza, TPM, FMEA, riziko, proces

## ANNOTATION

PISARCIK DAVID, *The application of FMEA method in TPM*, Diploma thesis VSB-TU Ostrava, 2010

This diploma thesis is focused on the risk managing area in TPM with usage of FMEA method which leans on the standard CSN EN 60812. TPM is a maintenance management system based on a progressive approach through the organization and the diploma target is to evaluate the utilization of FMEA in TPM and define the application in the work experiences.

The results from the summary follow that the FMEA application is an effective tool how to identify a potential risk which can have an influence not only on a product or a process but first of all on the human life. By using the method, the organization can reduce overall risk and continually improve systems and processes. However, it is necessary to focus on the recommended actions because not every action has to necessarily reduce the risk parameters for the risk priority number calculating.

Key words: analysis, TPM, FMEA, risk, process

## **OBSAH:**

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>SYSTÉMY ÚDRŽBY.....</b>  | <b>2</b>  |
| 2.1      | RCM .....   | 2         |
| 2.2      | TPM.....  | 4         |
| 2.2.1    | <i>Historie .....</i>   | <i>4</i>  |
| 2.2.2    | <i>Principy preventivní a prediktivní údržby.....</i>                     | <i>5</i>  |
| 2.2.3    | <i>TPM v Čechách .....</i>  | <i>6</i>  |
| 2.2.4    | <i>Definice TPM .....</i>   | <i>7</i>  |
| 2.2.5    | <i>Cíle TPM.....</i>  | <i>8</i>  |
| 2.2.6    | <i>Základní programy pro TPM.....</i>                                     | <i>9</i>  |
| 2.2.7    | <i>Ukazatele a měření produktivity údržby.....</i>                        | <i>11</i> |
| 2.2.8    | <i>CÚZ.....</i>   | <i>13</i> |
| 2.2.9    | <i>Autonomní údržba.....</i>  | <i>15</i> |
| 2.2.9.1  | <i>5S – základní principy autonomní údržby.....</i>                       | <i>16</i> |
| 2.2.9.2  | <i>Jednotlivé kroky autonomní údržby.....</i>                             | <i>18</i> |
| 2.2.10   | <i>Plánovaná údržba.....</i>  | <i>23</i> |
| 2.2.11   | <i>Vizualizace konceptu TPM .....</i>                                     | <i>23</i> |
| 2.2.12   | <i>Implementace TPM .....</i>   | <i>24</i> |
| <b>3</b> | <b>ANALÝZA RIZIK .....</b>  | <b>25</b> |
| 3.1      | VYBRANÉ METODY.....   | 25        |
| <b>4</b> | <b>FMEA .....</b>   | <b>29</b> |
| 4.1      | FMEA NÁVRHU PRODUKTU .....  | 31        |
| 4.1.1    | <i>Analýza a hodnocení současného stavu .....</i>                         | <i>31</i> |
| 4.1.2    | <i>Návrh opatření.....</i>  | <i>34</i> |
| 4.1.3    | <i>Hodnocení stavu po realizaci opatření .....</i>                        | <i>34</i> |
| 4.2      | FMEA PROCESU .....  | 34        |
| 4.2.1    | <i>Analýza a hodnocení současného stavu .....</i>                         | <i>35</i> |
| 4.2.2    | <i>Návrh opatření.....</i>  | <i>36</i> |
| 4.2.3    | <i>Hodnocení stavu po provedení opatření .....</i>                        | <i>36</i> |
| <b>5</b> | <b>APLIKACE FMEA V TPM PRO ORGANIZACI BONATRANS<br/>GROUP, A. S. ....</b> | <b>37</b> |
| 5.1      | SYSTÉMY V ORGANIZACI .....  | 38        |
| 5.2      | METODIKA TPM .....  | 38        |
| 5.3      | APLIKACE FMEA NA KONKRÉTNÍ STROJ .....                                    | 44        |
| 5.4      | FMEA PRODUKTU.....  | 45        |
| 5.5      | FMEA PROCESU .....  | 48        |
| <b>6</b> | <b>ZÁVĚR .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>7</b> | <b>LITERATURA A ZDROJE INFORMACÍ .....</b>                                | <b>51</b> |
| <b>8</b> | <b>ZKRATKY .....</b>  | <b>52</b> |
| <b>9</b> | <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>   | <b>53</b> |

# 1 ÚVOD

V současném, dynamicky se měnícím životě, je nutné pružně reagovat na změny okolí a to jak v osobním životě, tak i v tom pracovním. Ne jinak je tomu v oblasti řízení rizik. Organizace, které chtějí uspět v konkurenčním boji, musí vynaložit nemalé úsilí a to nejen v samotných výrobcích či službách, ale rovněž v řízení uvnitř firmy.

Převážná část organizací má dnes možnost, nechat si své systémy certifikovat akreditační společnostmi a získat tak konkurenční výhodu. Nejčastěji jde o systémy řízení kvality, bezpečnosti a životního prostředí. Existují však i jiné systémy, jako jsou např. systém řízení bezpečnosti informací nebo systém totálně produktivní údržby (TPM), které jsou pro organizace signifikantní. Udržovat systémy v provozuschopném stavu a neustále je zlepšovat není jednoduchá záležitost a proto většina organizací hledá efektivní způsoby, jak naplňovat požadavek zlepšování. Jedním řešením může být nákup služby od specializované firmy, která je schopna tento problém vyřešit. Toto řešení není moc ideální, protože se vybraná firma musí nejdříve seznámit se systémy organizace, což v konečném důsledku vede k delšímu časovému horizontu. Proto je mnohem výhodnější zvolit jiné řešení, které je efektivnější a tím řešením je využití svých vlastních sil a prostředků. Jedním z nástrojů je i výběr vhodné analýzy rizik, která může efektivně přispět ke zvýšení úrovně systému a to nejen identifikací úzkých míst, či zvýšení úrovně bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ale i prevencí proti vzniku škod. Elementárním parametrem je vybrat správnou analýzu, určit realizační tým a vyhodnotit výsledky, které je možné použít jako potenciály ke zlepšování.

Cílem této práce je objasnit systémy údržby, zaměřit se na systém TPM a vysvětlit základní funkce tohoto systému. Dalším bodem je seznámit s vybranými analýzami rizik a podrobněji rozvést a vyjasnit metodu FMEA. Hlavním cílem je pak aplikace metody FMEA v TPM použitou na konkrétní organizaci. Součástí je zhodnocení výhod a nevýhod dané aplikace a jaké může mít uplatnění pro další organizace.

Práce je rozdělena do části teoretické a praktické. V teoretické části nastiňuji systémy řízení údržby RCM a mnohem detailněji TPM. V této části jsem se rovněž zmínil o základních metodách, týkajících se analýzy rizik a blíže vysvětluji metodu FMEA. V praktické části se zabývám využitím metody FMEA v TPM pro organizaci BONATRANS GROUP, a.s. V závěru práce uvádím výsledky provedené analýzy a výhody/nevýhody pro používání metody v TPM.

## 2 SYSTÉMY ÚDRŽBY

K tomu, aby byly organizace schopny uspokojovat přání a potřeby svých zákazníků, musí zajistit plynulý chod výroby a vyvinout tak maximální úsilí k dosažení stanovených cílů. Toho lze dosáhnout za předpokladu, že jsou k dispozici zdroje, a to ve formě financí, lidí, strojů, energií, infrastruktury, atd. Jak již tedy bylo zmíněno, stroje a zařízení jsou nezbytnou součástí k dosažení cílů a proto se jejich údržba z hlediska provozů stává stále významnější oblastí pro zvyšování produktivity a rovněž významným elementem pro snižování nákladů. Údržba tedy musí maximálně přispívat ke zvyšování celkové produktivity a to tím, že bude zajišťovat trvalý a bezporuchový chod strojů a zařízení. Existuje několik způsobů, jak toho dosáhnout. Pro účely této diplomové práce se však zaměřím na přístupy RCM a především TPM.

### 2.1 RCM

RCM neboli Reliability Centred Maintenance je údržba zaměřená na bezporuchovost, jež se využívá pro zavedení programu preventivní údržby. Tento program umožní účelně a účinně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti výrobního zařízení.

Metoda RCM umožňuje používat strom logického rozhodování ke zjišťování použitelných a efektivních požadavků na preventivní údržbu pro výrobní zařízení podle bezpečnostních, provozních a ekonomických důsledků zjistitelných poruch a podle mechanismu degradace způsobujícího tyto poruchy. Konečným výsledkem práce s použitím rozhodovací logiky je posouzení nutnosti provádění určitého úkolu (operace či zásahu) údržby.

Princip metody RCM spočívá v následujících krocích [1]:

- 1) definují se hranice systému a/nebo subsystému
- 2) definují se funkce každého systému a/nebo subsystému
- 3) identifikují se funkčně významné prvky
- 4) identifikují se příslušné příčiny poruch funkce funkčně významných prvků
- 5) předvídají se následky těchto poruch a pravděpodobnosti jejich výskytu
- 6) používá se strom logického rozhodování ke kategorizaci následků poruch funkčně významných prvků

- 7) identifikují se použitelné a efektivní údržbářské zásahy, které tvoří počáteční program údržby
- 8) jestliže nelze identifikovat žádné použitelné a efektivní údržbářské zásahy, potom se daný prvek nebo proces přepracuje
- 9) zavede se dynamický program údržby, který vyplývá z rutinní a systematické aktualizace počátečního programu údržby a z jeho revizí pomocí sledování, sběru a analýzy dat z provozu

Úspěšná aplikace metody RCM vyžaduje dobrou znalost a pochopení funkce systému a jeho prvků spolu s identifikací a pochopením možných poruch a důsledků těchto poruch. Metoda RCM je nejvhodnější všude tam, kde údržba může předcházet poruchám, které by mohly mít vážné následky pro bezpečnost, životní prostředí nebo ekonomiku provozu. Efektivní program údržby obsahuje pouze takové údržbářské zásahy, jež jsou nutné ke splnění stanových cílů. Zkušenostmi je prokázáno, že nepřiměřené a zbytečné údržbářské zásahy spíše zhoršují bezporuchovost systému a zvyšují náklady na údržbu.

Metoda RCM jistě není žádným zcela převratným řešením, jak předcházet nežádoucím poruchám a jejich následkům v oblasti bezpečnosti, narušování provozu a snižování hospodárnosti. Již dlouhou dobu dodávají výrobci strojů a zařízení pokyny k údržbě a dílenské příručky, které obsahují program preventivní údržby pro jejich stroje a zařízení, vypracovaný na základě obdobných intuitivních úvah.

Co je však na RCM nové je to, že daný úkol řeší systematicky s využitím otázek a odpovědí na principu stromu logického rozhodování. Tento přístup při jeho dodržení umožňuje zajistit, že se nezapomene na žádný aspekt ovlivňující navrhovaný program preventivní údržby. Na druhé straně existuje potenciální slabina a to subjektivní stanovení intervalů mezi preventivními údržbářskými zásahy. V každém případě lze tuto metodu doporučit pro preventivní údržbu, zaměřenou na bezporuchovost k zavedení do praxe a k používání pro složitější technické systémy, jejichž poruchy mají výrazný dopad na bezpečnost, narušení provozu a zhoršení jejich hospodárnosti.

Název této práce je zaměřen na údržbu z pohledu systémového přístupu, proto se nyní zaměříme na produktivní údržbu.

## 2.2 TPM

Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance – TPM) je produktivní údržba aplikovaná na celopodnikové bázi. TPM je fenoménem dnešní doby, nejde při ní totiž jen o předcházení poruchám, ale také o optimalizaci defektů, různých časových prostojů, apod. TPM v sobě zahrnuje všechny pracovníky, a to od top-managementu až po úroveň provozních pracovníků. Jde o progresivní přístup v oblasti údržby, která v současné době vyžaduje stále složitější výrobní zařízení.

### 2.2.1 Historie

TPM pochází koncepčně z USA, nicméně uvedení do „života“ proběhlo v 50. letech v Japonsku, jehož účelem byla podpora strategie Total Quality Managementu. Hlavní ikonou byl Seiichi Nakajima, který implementoval spojení japonské koncepce managementu jakosti s komplexním zapojením všech zaměstnanců a praktikováním preventivní údržby (viz. Tabulka č. 1).

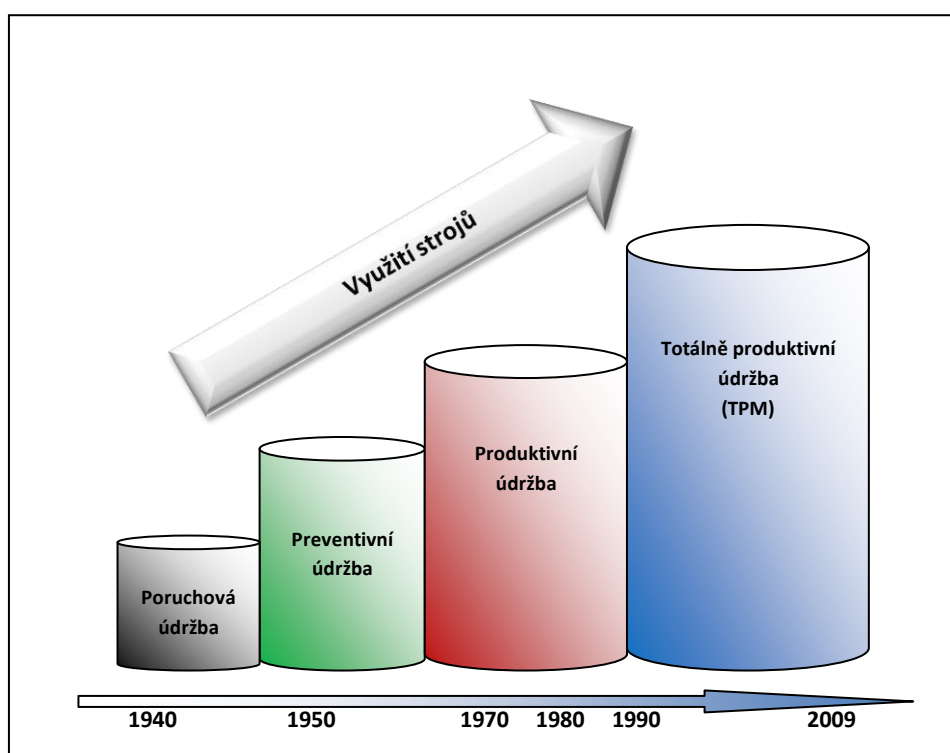
Není žádným tajemstvím, že Japonsko je při naplňování principů TPM na nejvyšší úrovni na světě a bylo tedy u důležitých milníků v cestě k TPM:

- 50. léta – první firma Toa Nenryo Kogyo aplikuje preventivní údržbu
- 60. léta – první konference o údržbě v Tokyu
- 70. léta – rozvoj TPM u dodavatelů Toyoty
- 80. léta – statická prevence nahrazována prediktivní údržbou a TPM
- 90. léta – TPM je standardní provozní metoda ve vyspělých organizacích

Tabulka č. 1.: Porovnání systémů řízení TQM a TPM

| Prvek  | TQM   | TPM   |
|--|---|---|
| Cíle   | změna podnikové kultury, dosažení vysoké kvality  | změna podnikové kultury, vyloučení ztrát v provozu výrobního zařízení   |
| Objekt zájmu                                     | kvalita (výstupy z výrobních procesů)   | provozuschopnost a způsobilost výrobního zařízení (vstupy do výrobních procesů)                                   |
| Prostředky k dosažení cílů                       | zavádění systémů řízení (systematizace, standardizace) organizačně a procesně orientovaných                       | organizace údržby výrobního zařízení orientovaná na propojení pracovníků údržby, obsluh a konstruktérů            |
| Vzdělávání pracovníků                            | zaměřeno na plánování, řízení a zlepšování kvality (klasické i manažerské nástroje, metodika trvalého zlepšování) | zaměřeno na řízení, plánování a zlepšování údržby strojů (výcvik údržbářů a obsluh v zabezpečování spolehlivosti) |
| Aktivity malých skupin pracovníků a týmová práce | kroužky kvality, zlepšování procesů speciálními nebo výrobními týmy   | integrace různých aktivit prováděných na pracovišti výrobními týmy s aktivitami prováděnými týmy údržby           |

Jak jsem již zmínil, TPM svým vznikem sahá do 50. let minulého století, se zaměřením primárně na preventivní údržbu. Během 60. let se TPM zaměřuje na produktivní údržbu, která rozlišuje důležitost spolehlivosti, údržby a ekonomické efektivity při projektování zařízení. Současně se v tomto období začínají udělovat ceny organizacím, které vynikly v činnostech údržby. Poté, v 70. letech, TPM vyvinula strategii zaměřenou na dosažení efektivity produktivní údržby napříč komplexním systémem. Bylo to právě v této době, kdy bylo slovíčko „Total“ připojeno k dosavadnímu názvu „Productive maintenance“. V polovině 70. let se začaly strategie TPM učit mezinárodně. Toto byl evoluční proces, který vyžadoval spoustu času. Ne proto, že by bylo technicky obtížné vytvořit výsledky, ale kvůli úsilí změnit organizační kulturu. Dnes je TPM na úplně jiné úrovni.



Obrázek č. 1: Historický vývoj přístupů k údržbě

### 2.2.2 Principy preventivní a prediktivní údržby

**Preventivní údržba** je způsob údržby, kdy je stroj nebo jeho části kontrolovány v rámci přede, plánované (periodické) preventivní prohlídky s cílem odhalit špatné podmínky a definovat kroky, které zmírní následky těchto podmínek v rámci



preventivní opravy. Použití preventivní údržby je vhodné tehdy, je-li možné případnou poruchu časově detekovat s určitou přesností. Logicky bude obtížné provádět prevence u čistě náhodných poruch. Pro potřeby preventivní údržby je nezbytné splnění těchto podmínek:

- výběr strojů a zařízení pro preventivní údržbu
- definovat činnosti, které mají být v rámci preventivní údržby naplněny
- definovat intervaly mezi jednotlivými aktivitami
- vytvořit systém efektivního plánování údržby

I přesto, že je systém preventivní údržby výrazně lepší, než systém oprav po poruše, má však své nedostatky v podobě odstavení strojů, čili způsobení neproduktivního času. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby byla preventivní údržba zahrnuta do plánování výroby, protože je tak možné potlačit ztrátové časy a nevytvářet negativní vlivy na produkci.

**Prediktivní údržba** je typ údržby, při které se zpravidla zjišťuje stav strojů za jejich provozu (na základě diagnostických metod). Pokud se zjistí problém, je možné prostřednictvím prediktivní údržby plánovat efektivní řešení daného problému ještě před tím, než dojde k poruše stroje. Mezi úkoly prediktivní údržby patří:

- zjišťování současného technického stavu
- predikce technického stavu v budoucnosti
- stanovení technického stavu v minulosti
- poskytnutí informací pro přípravu oprav

Vlastní prediktivní údržba je založena na měření fyzikálních parametrů stroje či zařízení (např. vibrace, teplota, stav oleje, hluk, koroze, atd.). Změna těchto parametrů zpravidla indikuje změnu provozního stavu stroje [2].

### **2.2.3 TPM v Čechách**

Principy preventivní, diferencované i prediktivní údržby byly v minulosti samozřejmě rozvíjeny na různých úrovních i v našich podmínkách. Na začátku 90. let se přístupy k údržbě měnily, což vedlo k rozvoji programu TPM. Zákonitě tak došlo k zavádění TPM i v tuzemských společnostech (většinou však těch, které měli kapitálový podíl zahraničních firem). Mezi tzv. české vlaštovky v přístupu k TPM můžeme jmenovat Mladoboleslavskou Škodou Auto, Barum Continental v Otrokovicích

nebo Autopal Nový Jičín. Jak je vidět, průkopníky jsou organizace v oblasti automobilového průmyslu.

Mezi významné milníky v ČR patří:

1994 – první projekt TPM v ČR (Škoda Auto)

1996 – první české video o TPM (Barum Continental)

1998 – založena Česká společnost pro TPM (ČSTPM)

2000 – první samostatná konference o TPM v Liberci

2000 – první česká kniha o TPM [3]

#### 2.2.4 Definice TPM

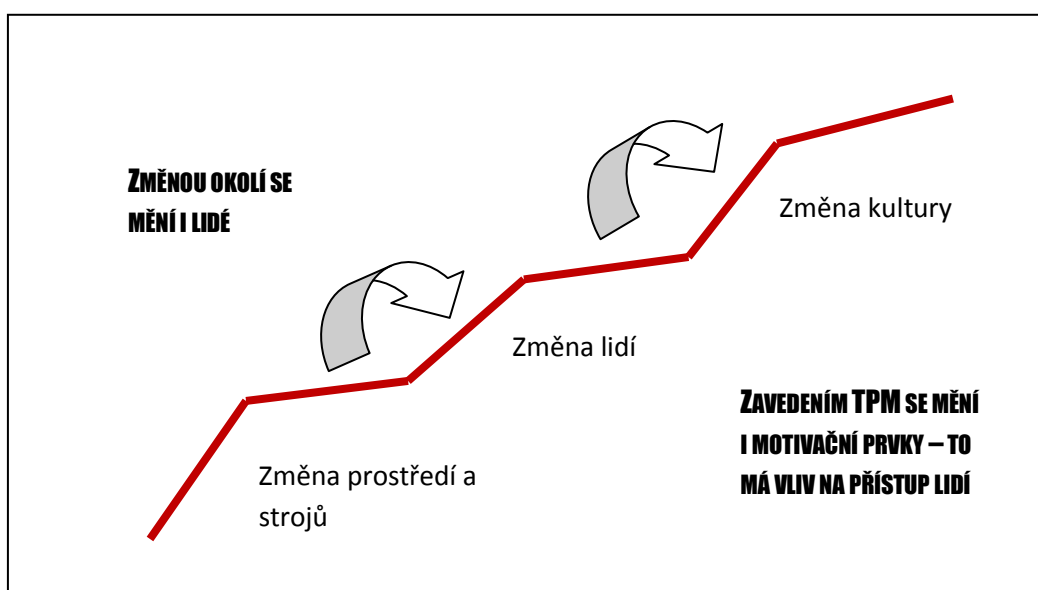
Doposud jsme se seznamovali s historií, ale co to vlastně TPM je? Existují různé definice, např. Institut průmyslového inženýrství v Liberci definuje TPM jako *soubor aktivit vedoucích k provozování strojního parku v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který udržení těchto podmínek zajišťuje* [3]. Jiný úhel pohledu na definici TPM může být takový, že jde o *nástroj permanentního zvyšování celkové efektivnosti strojů s aktivní účastí operátorů* [4]. Jinými slovy můžeme říct, že TPM se orientuje na zapojení všech pracovníků do činností, které směřují k minimalizaci prostojů jednotlivých strojů a zařízení. Jde tedy o zbavení se myšlenky dělení lidí, řekněme na „pracovníky, kteří pracují na daném stroji“ a na „pracovníky, kteří jej opravují“. Z čehož vyplývá, že v TPM se diagnostické a údržbářské činnosti přenášejí z klasických oddělení údržby přímo na výrobní úseky, resp. obsluhu stroje.

TPM v sobě zahrnuje následující body:

- TPM je celopodnikový systém produktivní údržby obsahující produktivní, preventivní i prediktivní údržbu a zlepšování v údržbě
- TPM má za cíl maximalizovat efektivnost výrobního zařízení
- TPM vyžaduje účast manažerů, techniků, obsluhy i údržbářů
- TPM zahrnuje každého jednotlivého zaměstnance od top-managementu až po řadového pracovníka
- TPM je založeno na podpoře preventivní a produktivní údržby pomocí týmové práce

Totálně produktivní údržba tedy vychází z prevence (preventivní údržby), která je založena na **principech**:

- zabezpečení normálních provozních a udržovacích podmínek
- včasné zajištění nenormálních provozních a udržovacích podmínek (neshody, abnormality, odchylky)
- okamžitá reakce na nenormální provozní a udržovací podmínky provedením údržby (opravy, renovace, výměny)



Obrázek č. 2: Zlepšování na principech TPM

### 2.2.5 Cíle TPM

TPM je soubor činností, který spojuje všechny útvary organizace s cílem:

- vytvořit takovou strukturu podniku, která zajistí maximální efektivnost výrobního systému
- změnit podnikovou kulturu (týmová práce)
- eliminovat poruchy, chyby a všechny další ztráty na zařízeních
- postupně zvyšovat efektivnost zařízení
- zlepšovat zisk organizace
- vytvořit vyhovující pracovní podmínky
- motivace a zapojení všech pracovníků a všech útvarů od řadového zaměstnance až po top management do zlepšování
- dosáhnout nulové ztráty prostřednictvím týmové spolupráce

Jako dvě hlavní priority TPM lze formulovat následující:

1) Pracoviště je optimální systém „člověk – stroj“ – nastavení, udržování a zlepšování optimálních provozních podmínek. To, jak pracuje systém „člověk – stroj“ se odvíjí a závisí na člověku.

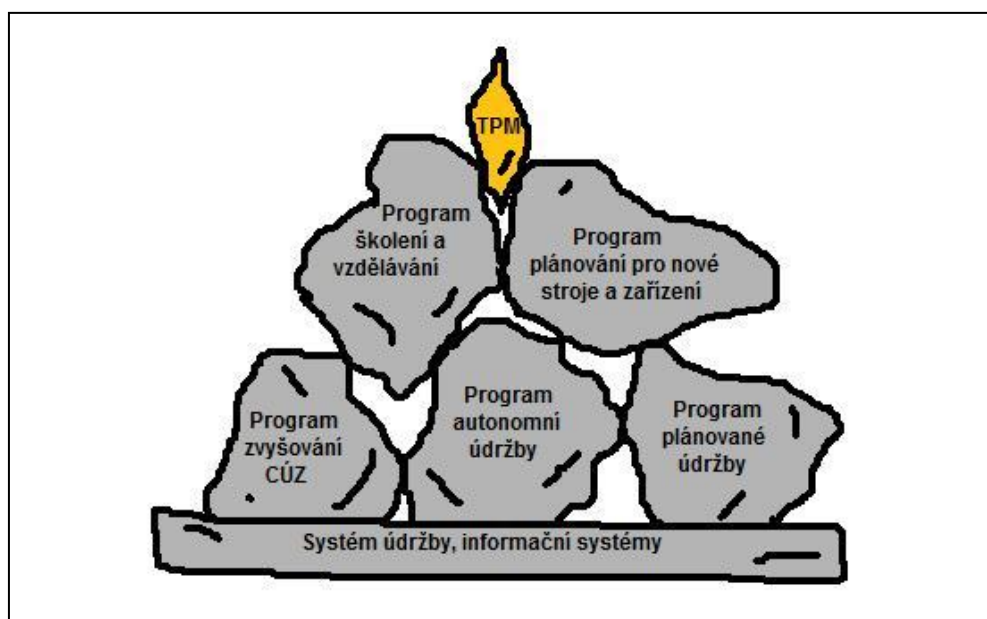
2) **Zlepšení celkové kvality pracovního prostředí** – změnou zařízení se mění i postoje operátora, což má v konečném důsledku vliv na změnu podnikové kultury. Čištění se stává kontrolou – kontrola odhalí všechny abnormality – abnormality je třeba odstranit nebo zlepšit – odstranění nebo zlepšení má pozitivní efekt na lidi.

### 2.2.6 Základní programy pro TPM

Koncept TPM je tvořený 5 základními stavebními kameny:

- ✎ **PROGRAM ZVYŠOVÁNÍ CÚZ**
- ✎ **PROGRAM AUTONOMNÍ ÚDRŽBY**
- ✎ **PROGRAM PLÁNOVANÉ ÚDRŽBY**
- ✎ **PROGRAM PLÁNOVÁNÍ PRO NOVÉ STROJE A ZAŘÍZENÍ**
- ✎ **PROGRAM ŠKOLENÍ A VZDĚLÁVÁNÍ**

Každý stavební kámen sleduje jeden speciální cíl a skládá se z jasně definovaných kroků (programu). Aby bylo možné dosáhnout základních cílů TPM, je třeba dbát na důslednost a prosazení realizace všech programů.



Obrázek č. 3: Programy TPM (volně převzato z [4])

Všechny programy společně tvoří koncept TPM vztahující se k procesům a k významným oblastem organizace. To znamená, že optimalizace v jedné oblasti nebude vykonaná na úkor jiné, ale že bude dosaženo celkového zlepšení.

Koncept TPM staví přitom na osvědčených a známých postupech. Jde o cílevědomé koordinované využití předností osvědčených postupů (týmová práce, cílově-orientované zlepšování, plány údržby, 5S, vizualizace,...).

### **Popis základních programů TPM**

1. **Eliminace šesti základních ztrát ve využití zařízení** – program je zaměřený na cílově orientované zlepšování prostřednictvím redukce velikosti šesti hlavních ztrát. Měření účinnosti opatření se vykonává především ve formě sledování koeficientu celkové účinnosti zařízení

2. **Plánovaná údržba** – sběr a zpracování údajů, snížení variability životnosti součástek, zvýšení životnosti součástek, pravidelná obnova opotřebovaných součástek, předpovídání životnosti součástek, předpovídání poruch a identifikace příznaků potenciálních poruch, diagnostiky strojů a eliminace chyb, odstranění výrobních chyb a zařízení

3. **Autonomní údržba** – vykonávaná obsluhou stroje – rozlišování normálního a abnormálního chodu stroje, zajištění normálních podmínek chodu stroje, schopnost korigovat abnormality při chodu stroje, čištění a cykly mazání, pravidelné prohlídky stroje, standardy autonomní údržby, sledování kvality komponent strojů

4. **Preventivní technická příprava výroby** – konstrukce výrobků s ohledem na jejich lehkou vyrobiteľnost, výrobní postupy a plány, organizace a management údržby, sledování nákladů, výrobní plány a plány oprav, projektování a management preventivní údržby

5. **Vzdělávání a školení výše uvedených činností** – vzdělávání se týká praktických záležitostí spojených se strojem a zařízením

Výsledky a přínosy totálně produktivní údržby je třeba měřit a vyhodnocovat pro dosažení trvalé motivace všech pracovníků podniku. Základním ukazatelem je produktivita údržby, počet poruch za jednotku času, efektivita a způsobilost výrobního zařízení.

### 2.2.7 Ukazatelé a měření produktivity údržby

Údržba, kterou nazýváme produktivní, je taková, která přináší maximální efekt. Tento efekt si můžeme představit jako prostoje blížíící se nule. Tomuto maximálnímu efektu se můžeme přiblížit pouze u přetržitých provozů (preventivní údržbu je možno provádět, když provoz tzv. „stojí“), zatímco v nepřetržitých provozech dojde vždy k prostojům v důsledku vykonávání preventivní údržby, bez které nelze vyloučit, resp. omezit poruchovost strojů. Tyto skutečnosti hovoří o **optimálním efektu údržby**, který je dán kompromisem mezi preventivní údržbou a údržbou po poruše, přičemž hledáme nejvýhodnější poměr mezi hrubým ziskem a náklady na údržbu za časové období. Náklady na interní údržbu jsou tvořeny mzdovými, materiálovými a režijními položkami a náklady na externí údržbu.

Stanovení ukazatele produktivity údržby není tak jednoduché, jako například stanovení ukazatele produktivity práce dělníka, protože výskyt poruch, jejich rozsah a pracnost může být velmi variabilní a na údržbáři nezávislá. Pokud máme stanovit indikátor produktivity údržby jako výsledek řady procesů, nemůžeme použít klasický ukazatel produktivity, tj.  $\frac{\text{množství práce}}{\text{čas}}$ , protože údržbáři mohou pracovat velmi intenzivně, ale neúčinně či neúčelně, což vede k tomu, že celkové prostoje zařízení se nezmenší a způsobilost bude nedostatečná. Proto musíme vycházet jak z dílčích, tak i z výsledného efektu (účinku) údržby na provoz a způsobilost výrobního zařízení. Z tohoto pohledu můžeme produktivitu údržby rozdělit na **vnitřní a vnější**.

**Vnitřní** produktivita údržby je dána především kompetentností a intenzitou práce údržbáře, logistickým zajištěním údržby a vyjadřuje **výkon údržbáře za jednotku času a přímo ovlivňuje náklady na údržbu**.

**Vnější** produktivita údržby je dána především úrovní programu údržby a poměrem mezi preventivní údržbou a údržbou po poruše a představuje tak dopad údržby na provozuschopnost a způsobilost výrobního zařízení [5].

**Celkovou** produktivitu údržby lze vyjádřit **efektivitou výrobního zařízení, tj. množstvím čisté produkce za jednotku času**. Chceme-li to vyjádřit z ekonomického pohledu, lze říct, že jde o **poměr hrubého zisku k nákladům na údržbu**.

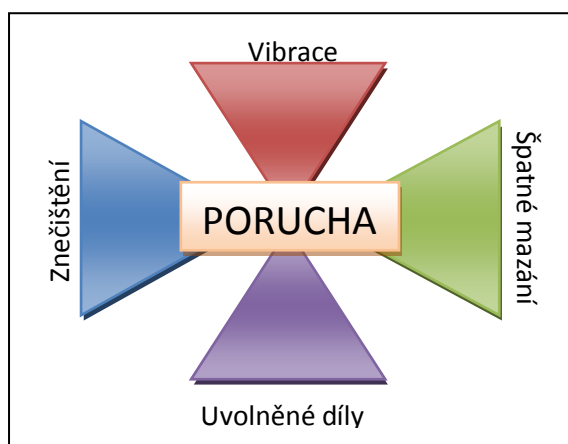
**Prostoje** strojů a zařízení jsou nejčastěji způsobené:

1. organizačními (výrobními) příčinami, např. chybí materiál, nejde proud, atd.
2. čerpáním času na odpočinek a osobní potřebu

3. v důsledku preventivní údržby, kterou nelze provádět za chodu stroje
4. v důsledku poruch a vyvolání dalších závislých ztrát
5. v důsledku nutného přestavování a seřizování
6. v důsledku technologických poruch

Nesmíme opomenout na další činitele, ovlivňující využití výrobního zařízení, a to:

7. v důsledku horšího technického stavu dochází k nižší výkonnosti strojů a zařízení
8. v důsledku chybného výrobního procesu vzniká vyšší počet neshodných produktů (zmetků)
9. v důsledku náběhu dochází ke vzniku neshodné výroby

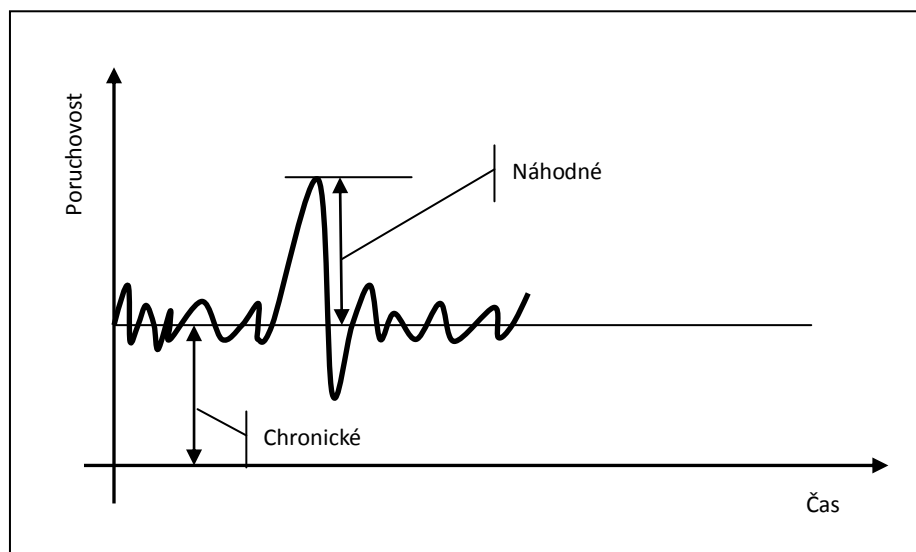


Obrázek č. 3: Příčiny poruch

### Rozdělní poruch

Problémy, které spojují poruchy, je možno rozdělit do 2 základních skupin [1]:

- **náhle, náhodně se vyskytující** – obvykle mají jednu příčinu, kterou je možné relativně jednoduše analyzovat a odstranit
- **chronické** – mají více komplikované příčiny. Jejich analyzování a odstranění je obtížnější



Obrázek č. 4: Rozdělení poruch

Aby byly stroje a zařízení v bezporuchovém stavu, je třeba vynaložit nemalé týmové úsilí mezi operátorem a údržbářem. Základním elementem k dosahování bezporuchovosti je bezesporu prevence. Prevence je základem pro dosažení cílů TPM (nulové chyby, nulové poruchy, nulové úrazy).

1. **Údržba normálních podmínek** – pomáhá v prevenci zhoršování stavu zařízení (každodenní aktivity: čištění, kontrola, mazání, kontrola přesnosti, atd.)
2. **Včasné odhalení abnormalit** – operátor okamžitě odhaluje abnormality při výkonu práce prostřednictvím měřicích přístrojů a periodickou kontrolou (povolené šrouby, akustické efekty, úkapy či výtoky oleje, atd.)
3. **Okamžitá reakce** – operátor a pracovníci údržby promptně reagují na vzniknuvší abnormality

### 2.2.8 CÚZ

CÚZ (Celková Účinnost Zařízení) nebo CEZ (Celková Efektivnost Zařízení), či OEE (Overall Equipment Effectiveness) je nástroj, který se zaměřuje na to, jak efektivně je využita výrobní operace nebo jde rovněž říct, že jde o funkci ztrát způsobenou poruchami, prostoji, ztrátami rychlosti vlivem redukované rychlosti nebo krátkodobými prostoji a také nízkou kvalitou vyráběných výrobků.



Metodicky vychází z koncepce **6 velkých ztrát na zařízení, jež jsou:**

### **Prostoje**

1. Poruchy, vyplývající z chyb na zařízení
2. Seřizování a najíždění

### **Ztráty rychlosti**

3. Nečinnost, běh naprázdno a malé přestávky
4. Redukce rychlosti

### **Chyby**

5. Chyby v procesech a opravy
6. Redukce času mezi startem stroje a stabilním provozem

CÚZ dělí výkon výrobního zařízení do tří oddělených, ale měřitelných elementů, a to: Availability (Použitelnost), Performance (Výkon) a Quality (Kvalita). Každý element poukazuje na aspekt procesu, který může být zohledněn ve zlepšování. CÚZ se počítá jako součin všech tří elementů:

$$CÚZ = A * P * Q$$

Hodnota CÚZ se v našich podmínkách pohybuje na průměrné úrovni 40 – 60 %, ovšem mnohé podniky světové třídy jsou schopny dosáhnout, po úspěšné implementaci TPM, hodnot kolem 85 %.

Tak jako lze zlepšovat systém, aktivitu či prvek, tak i CÚZ má nástroj, jak dosahovat lepších hodnot a to respektováním těchto kroků:

**Identifikace úzkých míst**



**Identifikace 6 základních ztrát**



**Stanovení metodiky měření CÚZ**



**Zlepšení hodnoty CÚZ**



**Implementace nápravných opatření**



**Vyhodnocení nápravných opatření**

◀ ---- ➤ *Jaké zařízení?*

◀ ---- ➤ *Jaké jsou ztráty na zařízeních?*

◀ ---- ➤ *Jak měříme ztráty?*

◀ ---- ➤ *Jak ztráty odstraníme?*

◀ ---- ➤ *Jak to provedeme?*

◀ ---- ➤ *Jak jsme byli úspěšní?*



Úroveň CÚZ dává prvotní informaci o možných potenciálech ke zlepšování zařízení. Podle pravidla 80:20 můžeme díky cílených aktivit na 20 % příčin ztrát odstranit až 80 % všech prostojů. Kromě CÚZ se v praxi ještě užívá koeficient TEEP (Total Effective Equipment Performance), při němž se považuje za ztrátu na zařízení i čas plánovaných prostojů.

$$\text{TEEP} = \text{CÚZ (OEE)} * \text{využití (loading)}$$

CÚZ a TEEP jsou dva, blízce příbuzné, měřicí nástroje, které reportují celkové využití zařízení, času a materiálu pro výrobní operace. Indikují rovněž rozdíl mezi aktuálním a ideálním výkonem. CÚZ kvantifikuje, výkon výrobního zařízení ve vztahu k jeho designované kapacitě v průběhu dané periody. TEEP měří využití CÚZ ke kalendářním hodinám, např. 24 hodin za den, 365 dní za rok, atd.

### 2.2.9 Autonomní údržba

Autonomní údržbu lze vysvětlit tak, že pracovníci výroby samostatně provádějí určitou část údržbářských zásahů. Není tím však myšleno, že by se oddělní údržby zrušilo, jen se zaměřuje na jiné úlohy, např. komplikované opravy, které vyžadují speciální kvalifikaci.

Operátor zná svůj stroj či zařízení a při vykonávání údržbářských zásahů lépe rozpozná odchylky od normálního stavu, přičemž využívá své zkušenosti z výroby. Operátoři mají totiž „vyvinutý“ cit pro nepravidelnosti či odchylky při běhu svého zařízení a tak mohou rozpoznat potenciální poruchu už v předstihu. Tato skutečnost má dopad na výrazné snížení neplánovaných prostojů.

Účel autonomní údržby má tři pohledy. Za prvé spojuje pracovníky z výroby i údržby při dosahování společného cíle = stabilizovat a zvyšovat úroveň efektivního využívání strojů a zařízení a zabránit zrychlenému zhoršování stavu strojů. Druhým pohledem je navržení programu tak, aby se obsluha naučila více o funkci zařízení, které obsluhuje, jaké problémy se běžně vyskytují a proč. Za třetí, program TPM připravuje obsluhu jako aktivního partnera údržby při celkové efektivnosti zařízení a spolehlivosti.

Všeobecný postoj pracovníků provozu je tradičně ve smyslu tvrzení „Já obsluhuji stroj a ty, údržbo, ho opravuješ“. Obsluha je často zodpovědná pouze za vkládání polotovarů, obsluhu stroje či zařízení a kontrolu kvality. Všechna péče o zařízení byla/je velmi často v zodpovědnosti údržby.

Činnosti, které můžeme obecně zahrnout do potřebného spektra a objemu údržbářských činností, jež jsou prováděny členy výroby, jsou např.:

- čištění strojů a zařízení
- identifikace poruch
- autonomní kontrola chodu stroje či zařízení
- seřizování a výměna nástrojů
- autonomní analýza ztrát, atd.

V systému autonomní údržby je úkolem obsluhy stroje provádět i to, co je tradičně považováno za práci údržby. Tento přístup je čím dál, tím důležitější se zvyšováním nároků na odbornost a kapacitu údržbářů při všeobecném nárůstu složitosti strojů a zařízení.



Obrázek č. 5: Výroba i údržba mají stejný cíl

#### ***2.2.9.1 5S – základní principy autonomní údržby***

5S označuje pět základních principů k dosažení trvale přehledného, čistého, disciplinovaného a organizovaného pracoviště. Název vychází z pěti japonských slov začínajících písmenem „s“, kterými jsou:

- **SEIRI** = úklid, odstranění nepotřebných předmětů
- **SEITON** = správné ukládání, vše má své místo

- **SIESO** = čištění, identifikace abnormalit
- **SEIKETSU** = udržování čistoty, standardy a kontrola
- **SHITSUKE** = výcvik a disciplína [3]

Pomocí 5S je možné:

- 1) změnit postoje pracovníků k pracovišti a strojům
- 2) vytvořit disciplinované pracoviště
- 3) vytvořit pracoviště, které je organizované a řízené vizuálně
- 4) ovlivnit a zaujmout potenciálního zákazníka
- 5) připravit a vyškolit kompetentní pracovníky

Cílem autonomní údržby je zajistit:

- **Udržování si svého vlastního zařízení** – operátor na sebe musí převzít zodpovědnost za stav výrobního zařízení. Zde hraje velkou roli jasné rozhraní kompetencí mezi výrobou a údržbou
- **Rozšíření vlastní kvalifikace** – operátor je nucen se neustále vzdělávat, aby byl schopný převzít na sebe část úloh údržby. Mezi základní schopnosti operátora patří:
  - schopnost objevit a odstranit abnormality na zařízení a zamezit jejich vzniku
  - schopnost porozumět funkcím zařízení a hledat příčiny odchylek
  - schopnost porozumět vztahu mezi zařízením a kvalitou
  - schopnost opravovat

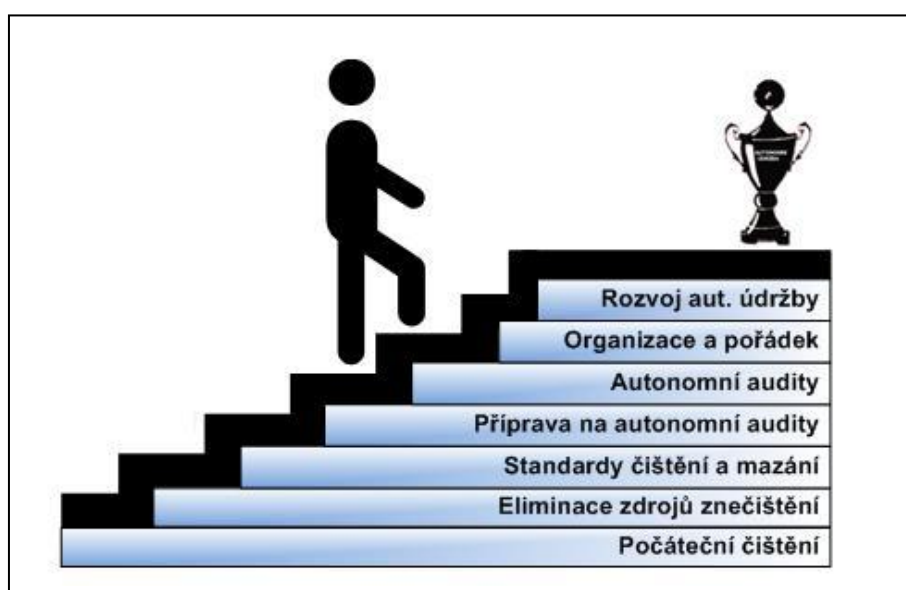
Autonomní údržba je proces, který vyžaduje naplnění 7 kroků k úspěšné implementaci. V prvních třech krocích je snaha zabezpečit základní podmínky pro práci stroje či zařízení. Většinou se jedná o zlepšení prostředí, ve kterém pracuje stroj a důkladné provádění čištění, mazání, utahování uvolněných částí. Tyto kroky jsou výchozím krokem pro provádění autonomní údržby. Další dva kroky sestávají z činností, které jsou spojené s prováděním základních prohlídek a z nich odvozených opatření. Pro tyto kroky je zvlášť důležité:

- a) stanovit standardy
- b) cit a pohled operátorů identifikovat odchylky chodu zařízení od normálu

- c) prohloubit a poskytnout suport úrovně poznání při vykonávání nevyhnutelných údržbářských zásahů

V posledních dvou krocích stojí v popředí zlepšovací činnosti získané zkušenosti a znalosti v zacházení se zařízením. Zlepšovací činnosti se rovněž vztahují na celé okolí zařízení.

Při implementaci těchto sedmi kroků autonomní údržby se nesmí zapomenout na to, že každý krok je založený na pochopení a uskutečnění kroku předchozího, jak demonstruje následující obrázek.



Obrázek č. 6: Zavádění autonomní údržby

#### 2.2.9.2 Jednotlivé kroky autonomní údržby

##### 1. krok – Počáteční čištění

V prvním kroku se výrobní zařízení důkladně vyčistí výrobní zařízení a odstraní se všechny nečistoty, jako jsou olejové průsaky, třísky nebo prach. V průběhu čištění se řídíme heslem „čištění je kontrola“. Současně se operátor seznámí s mnohými, doposud nepoznanými či nezpozorovanými, částmi zařízení. Lze konstatovat, že se při kontrole odhalují problémy nebo odchylky od normálního chodu, jako jsou přehřívání, vibrace, uvolnění dílů, zapojení a nastavení koncových spínačů nebo neobvyklé akustické elementy.

Pro vizuální označení – aby se na nic nezapomnělo – se používají TPM karty, které mohou být různých typů. Bývají však barevně rozlišovány, aby bylo možné identifikovat vzniklou závadu. Tyto karty jsou umístěny na standardním místě. Vedle karet TPM je možné využívat ještě tzv. listy abnormalit, které poskytují přehled o nalezených abnormalitách. V tomto případě je důležité dbát na jednu z hlavních principů samostatné údržby, kdy si každý autonomní tým navrhuje vlastní standardy, za jejich dodržování je v budoucnu zodpovědný.

Pracné čištění, které vyžaduje schválený standard, nutí členy týmu hledat způsoby, jak eliminovat zdroje znečištění. Tento krok samozřejmě není žádnou jednorázovou akcí. Zhruba tři měsíce jsou rozhodujícím obdobím, kdy jednotlivé týmy i pracovníci musí prokázat, že berou principy vážně a dodržují je tak, jak jsou předepsány.



Obrázek č. 7: TPM karty

## 2. krok – Eliminace zdrojů znečištění

I přesto, že byl stroj po prvním kroku úplně čistý, je možné po několika dnech opět nalézt na zařízení nečistoty. V tomto kroku je třeba identifikovat a následně eliminovat zdroje znečištění, abychom se neustále nevraceli k prvnímu kroku. Existují 3 základní typy znečištění:

- a) Znečištění vlivem technických omezení stroje – třísky, chladicí kapalina, technologický odpad po opracování, atd. Je třeba si přiznat, že tento typ znečištění se nedá úplně eliminovat, nicméně je možné jej lokalizovat a minimalizovat na nejnížší možnou míru.

- b) Nepřípustné znečištění stroje – nejružnější úniky, vznikající nedostatečnou údržbou nebo nesprávným prováděním činností. Cílem je, úplně eliminovat toto znečištění.
- c) Znečištění jinými vlivy – jde především o znečištění prostředím nebo obsluhou (odpadky, obaly, nedopalky, atd.).

Základní činností tohoto kroku je prohlídka stroje a vyhledání všech zdrojů znečištění. Postupně následuje hledání opatření na odstranění identifikovaných zdrojů. V případě, že z důvodů technických, technologických či investičních není možné zdroje odstranit, je třeba vyvinout snahu alespoň zdroj znečištění lokalizovat, tj. zabránit rozšiřování. V takovém případě je třeba vytvořit standard pro čištění. Čas na čištění však nemůže být neomezený. Pokud chceme snižovat čas, potřebný na čištění, musíme v první řadě odstranit všechny těžce přístupné části na stroji. Při zpřístupnění části na čištění je třeba se pokusit o vylepšení metody čištění.

Ve vytvořeném standardu čištění by měly být vizuálně naznačeny všechny místa čištění, jasně definovaný standard pro čištění, stanovená metoda čištění, definované čisticí pomůcky a hlavně periodicita pro provádění čištění.

### **3. krok – Standardy čištění a mazání**

V tomto kroku vytvářejí pracovníci autonomního týmu standard pro mazání, jež je výchozím bodem pro zlepšovací aktivity. Proto je nutné, aby operátoři pochopili význam definovaných standardů.

Problémy často vznikají tehdy, když jsou standardy vypracovávány pracovníky, kteří podle nich nebudou muset v budoucnu pracovat. Proto jsou standardy pro mazání zpracovávány operátory ve spolupráci s pracovníky údržby. Dříve, než jsou operátoři schopni vypracovat standard mazání, musí být vyškoleni. Musí poznat celý systém mazání napříč strojem, tj. od plnicích otvorů až po mazací místa. Současně musí zvážit všechny možnosti, jak zjednodušit systém mazání. Nesmí se zapomenout:

- jasně definovat používané mazivo (unifikace)
- zaznamenat všechny mazací místa
- zlepšit a provést vizualizaci centrální mazací systém
- kontrolovat přítok maziva ve všech větvích rozvodu
- měřit spotřebu maziva
- vizuálně označit všechny mazací místa

- prověřit možnosti znečištění maziva
- implementovat servisní mazací stanici (sklad maziv)

#### **4. krok – Příprava na autonomní audity**

Po úspěšné implementaci všech předchozích kroků začíná příprava na autonomní audity, které jsou zaměřeny na rozvoj schopností pracovníků vykonávat komplexní audity zařízení s cílem odhalit poškození a potenciální zdroje poruch.

Vybraní pracovníci jsou vyškoleni a zaučeni pro potřeby provádění autonomních auditů (základní prvky stroje, funkce jednotlivých částí, jak správně nastavit a používat stroj, elementární problémové oblasti, kontrolní body stroje, atd.).

#### **5. krok – Autonomní audity**

V pátém kroku se stanoví konečné komplexní standardy pro autonomní audity (čištění, mazání, inspekční a údržbové audity).

Při definování standardů by měly být používány vizuální standardy v maximální možné míře. Jsou to jednoduché a snadno rozeznatelné označení na jednotlivých částech zařízení, které indikují, zda je dosažen normální stav.

#### **6. krok – Organizace a pořádek**

V krocích 1 až 5 šlo o vztah k výrobním zařízením. V tomto kroku přichází k rozšíření aktivit na celé pracovní prostředí. Celkem přitom bude zlepšení:

- ✓ kvality procesu
- ✓ efektivity práce
- ✓ bezpečnosti práce

Jde o zaměření se na zavedení standardního systému uspořádání pracoviště, standard pro čištění, prohlídky a mazání, standard pro fyzické uspořádání pracoviště, standard pro sběr a zaznamenávání údajů na pracovišti, standard pro uspořádání náradí, přípravků a pracovních pomůcek.

#### **7. krok – Rozvoj autonomní údržby**

Prostřednictvím předcházejících kroků, operátoři získali předpoklady pro samostatné provádění všech rutinních údržbářských zásahů. Získali schopnost udržovat zařízení, na kterých pracují, v dobrém provozuschopném stavu. Navíc převzali zodpovědnost i za zvýšení efektivity své práce a kvality procesu.

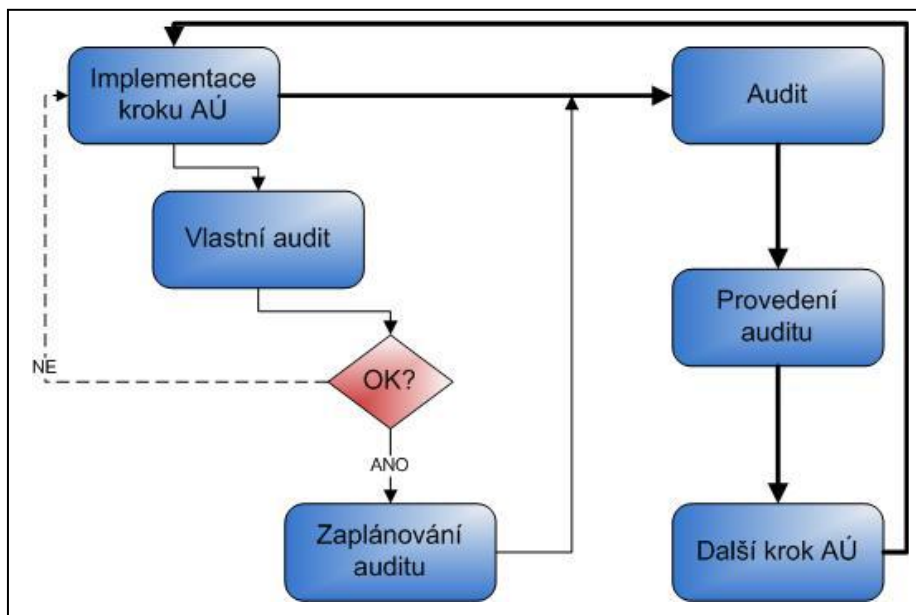


Tento krok není žádným novým krokem. Jde jen o přechod k procesu neustálého zlepšování, tzv. Demingův cyklus PDCA. To v konečném důsledku znamená, že operátoři neustále odhalují, rozpoznávají a odstraňují slabá místa, neboli *bottlenecks*, analyzují časové ztráty a zhotovují záznamy všech aktivit.

Operátoři přebírají některé nové povinnosti, jako např. zaznamenávání a provádění analýz středních dob mezi poruchami, diagnostiku a neustálé zlepšování zařízení.

### Audit jednotlivých kroků autonomní údržby

Audit nám odpovídá na otázku, zdali jsme připraveni na implementaci dalšího kroku. Audit si lze představit jako systematické a nezávislé prověření určité aktivity. V tomto případě, uskutečnění jednotlivých kroků autonomní údržby a jejich výsledků.



Obrázek č. 8: Autonomní údržba – audit kroků

Během auditu se zjistí silné a slabé místa zkoumaných oblastí ve vztahu k autonomní údržbě. Pomocí výše zmíněného obrázku se dají rozpoznat důležité body pro další zlepšování. Základním pravidlem pro provádění auditů je, že musí být požadované a to tak, že autonomní tým požádá delegovanou osobu pro TPM o provedení auditu, ovšem provedení auditu může mít jiný směr a to provedení auditu na příkaz představitele managementu. Audit se provede podle možností osoby, která je nezávislá na oblasti zkoumané auditem. Tato osoby, potažmo tyto osoby, musí přirozeně disponovat dostatečnými odbornými vědomostmi.

### 2.2.10 Plánovaná údržba

V programu plánované údržby jde o vytvoření efektivního systému plánovaných údržbářských zásahů, které zajistí stabilní výrobní proces. To znamená udržet výrobní zařízení plánovanými údržbovými zásahy v takovém stavu, aby se nevyskytly žádné další neplánované přerušení. Určitý přínos má přirozeně rutinní práce obsluhy strojů v rámci autonomní údržby, ale jen to nestačí. Další údržbářská opatření vyžadují často speciální vědomosti a jsou proto prováděna specializovaným oddělením údržby.

Do toho se počítají například:

- údržba na zařízeních, které vyžadují speciální nástroje či nářadí
- inspekce drahých měřících přístrojů, při kterých se vyžaduje posouzení stavu zařízení
- časově náročné opravy, které se provádějí mimo standardní čas výroby
- údržbářské opatření s obzvlášť vysokými nároky, vztahující se na BOZP
- analýzy s vysokými požadavky na elektronické zpracování údajů
- rychlé opravy při poruchách zařízení

Kromě toho zahrnuje plánovaný údržbářský program činnosti, které na jedné straně zvyšují kvalitu a produktivitu výrobního procesu a na straně druhé redukují spotřebu údržbářských výkonů.

#### Interface plánované a autonomní údržby

Zavedení autonomní údržby ještě nezaručuje, že bude dosaženo cílů TPM, kterými jsou nulové prostoje, nulové chyby, atd. Důraz musí být kladen na propojení kroků autonomní údržby s kroky plánované údržby. Pouze koordinovaný postup ve všech oblastech je zárukou úspěchu.

### 2.2.11 Vizualizace konceptu TPM

Celý koncept TPM se opírá o důležitou část, a to, vizuální management, jež slouží jako podpůrný nástroj schopný motivovat pracovníky, usnadnit jim práci, přičemž umožňuje provádění některých údržbářských zásahů i nekvalifikovaným osobám (např. vizuální plány mazání).

V praxi se nejčastěji používají tzv. tabule TPM, karty poruch a vizualizační značky, které jsou umísťovány přímo na zařízení nebo v místech k tomu určených. Na tabuli TPM je možno umístit informace a to tak, aby bylo možné rozpoznat zodpovědnosti, kompetence, cíle, výsledky, layout, popř. problémy, které byly vyřešeny či se v současné době řeší.

Vizuální tabule je možno efektivně využít například v programu zvyšování CÚZ. Z různých analýz či rozborů ztrát na zařízení se vybere problém, který se má vyřešit. Tento problém je srozumitelnou formou přenesen na tabuli. Tato skutečnost dále asociuje pracovníky k tvorbě nápadů, jež systematicky zlepšují program CÚZ.

### 2.2.12 Implementace TPM

Doposud bylo TPM popsáno z pohledu historie, jeho cílů, programů, apod. Vystává tedy otázka: „Jak úspěšně TPM zavést?“

TPM je systém, který se nedá zavést přes noc, čili půjde o běh na „delší trať“. Systém TPM by měl mít projektový přístup, tzn. splnění požadavků na projekt. Projekt zavedení TPM je pro každý podnik něčím odlišný. Neexistují dvě úplně stejné implementace. Projekt TPM je nutné přizpůsobit dosavadní úrovni podnikové kultury, implementovaným metodám, typu výroby, úrovni údržby, apod. Zejména v přípravné fázi se doporučuje konzultovat postup s experty na TPM a využít jejich zkušenosti při implementaci TPM z jiných organizací. Jejich postřehy a připomínky jednoznačně kladně přispějí k úspěšnému startu TPM.

Pro zavedení TPM lze formulovat následující tři etapy:

1. **Přípravná etapa** – tato fáze trvá většinou 3 až 6 měsíců.
  - a) získání podpory managementu pro TPM
  - b) přiměřené úsilí pro TPM
  - c) vytvoření TPM organizace
  - d) definování principů a cílů pro TPM
  - e) plán implementace TPM v podniku
2. **Implementace pro pilotní zařízení** – určí se pilotní zařízení, na kterých se ověřuje správnost postupu
  - f) start TPM
3. **Implementace v celé organizaci**
  - g) zavedení pěti základních programů TPM

### 3 ANALÝZA RIZIK

Analýzu rizik lze chápat jako aplikaci metod zabývajících se rizikem, jeho pravděpodobností a hodnocením potenciálních následků.

K identifikaci a hodnocení zdrojů rizik se využívají různé typy metod.

Tabulka č. 2: Přehled vybraných metod [6]

| Český název  | Anglický název                                  | Zkratka |
|--|---|---------|
| <b>Bezpečnostní audit</b>                                  | Safety Audit                                    | SA      |
| <b>Analýza pomocí kontrolních záznamů</b>                  | Check List Analysis                             | CL      |
| <b>Co se stane, když...</b>                                | What-if Analysis                                | WI      |
| <b>Úvodní analýza nebezpečí</b>                            | Preliminary Hazard Analysis                     | PHA     |
| <b>Relativní hodnocení</b>                                 | Relative Ranking                                | RR      |
| <b>Studie nebezpečí a provozuschopnosti</b>                | Hazard and Operability Study                    | HAZOP   |
| <b>Analýza možností vzniku vad a jejich následků</b>       | Failure Modes and Effects Analysis              | FMEA    |
| <b>Analýza hodnocení možností poruch a jejich následků</b> | Failure Modes, Effects and Criticality Analysis | FMECA   |
| <b>Analýza stromem poruch</b>                              | Fault Tree Analysis                             | FTA     |
| <b>Analýza stromem událostí</b>                            | Event Tree Analysis                             | ETA     |
| <b>Analýza příčin následků</b>                             | Cause Consequence Analysis                      | CCA     |
| <b>Analýza spolehlivosti člověka</b>                       | Human Reliability Analysis                      | HRA     |

#### 3.1 Vybrané metody (volně převzato z [6])

##### 3.1.1 Check List Analysis

V této metodě jsou využívány kontrolní záznamy položek nebo kroků, podle kterých se ověřuje stav provozu. Kompletní kontrolní záznam obsahuje relevantní data, jako „ano“, „ne“, „není vhodné“, atd. Využití kontrolních záznamů vede ke zjištění souladu s předpisy a standardy. Tato metoda je vhodná při zjišťování problémů, ke kterým již došlo. Naopak „slabinou“ této metody je neposkytování dostatečné představy o nebezpečí.

##### 3.1.2 Safety audit

Jde o nejstarší metodu ze všech výše zmíněných. Vztahuje se především na stávající provozy a zahrnuje systematické a kritické posouzení vybraných aspektů

provozování organizace, provozu či zařízení. Zpravidla představuje neformální vizuální prohlídky, které mohou vést k formálním šetřením. Posouzení provádí tým pracovníků z různých profesí.

### **3.1.3 What-if Analysis**

Tato metoda si klade za cíl identifikovat nebezpečí stavů v technologickém procesu. Jak z názvu vyplývá, nejdůležitější je zodpovězení otázek „Co se stane, když...“ a tím zjištění příčin havárií a následně navržených opatření.

Při poradách je efektivně využíván brainstorming, což je spontánní diskuse při hledání nových nápadů. Pokud je metoda prováděna zkušeným týmem odborníků, má v konečném důsledku pozitivní účinek.

### **3.1.4 Relative Ranking**

Relativní hodnocení je posuzování nebezpečí procesu na základě fyzikálně chemických vlastností látek, technicko-bezpečnostních parametrů, jejich množství, termodynamiky procesu a dalších charakteristických jevů. Mezi metody relativního hodnocení nebezpečí patří např. metody využívající Dow's Fire and Explosion Index, Mond Index, Substance Hazard Index, Chemical Exposure Index, apod.

### **3.1.5 Hazard and Operability Study**

Patří k jedné z nejjednodušší a patrně nejrozšířenější metodě v přístupu identifikace nebezpečí. Metoda je prováděna týmem odborníků pomocí klíčových slov (no, not, more, less, as well as, part of, reverse, other than), která tvoří základní vodítko. Metoda HAZOP má tyto kroky:

- popis účelu systému
- popis odchylky od požadovaného účelu
- nalezení příčiny nebo kombinace příčin vedoucích k odchylce
- stanovení možných důsledků a provozních potíží
- doporučená opatření

Záměrem je pak vytvoření seznamu všech možných odchylek od řádného účelu a identifikace všech potenciálních nebezpečí vyvolaných danými odchylkami.

### 3.1.6 Failure Modes and Effects Analysis

Tato analýza hodnotí možné odchylky produktů (zařízení) či procesů v přímém vztahu se systémem, subsystémem či komponentů. V případě, že je analýza rozšířena o četnost výskytu poruch hovoříme o FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis).

Metoda FMEA zkoumá proces či produkt a systematicky řeší otázky:

- co je předmětem zkoumání
- jak se může daný předmět poškodit
- co je následkem poškození, resp. co může nastat při poškození

Před přijetím nápravných opatření spolu s termíny se provádí výpočet tzv. RPN čísla (rizikové číslo), které mívá hodnotu určenou uživatelem produktu či vlastníkem procesu. Zpravidla bývá 125. Při analýze se zohledňuje stupeň kritičnosti poruch, od stupně „zanedbatelný“ až po „katastrofický“ a bezesporu obrovskou výhodou je pokrytí všech možných poruch, tzn. i těch, které nemají závažné následky. Metoda je v praxi často využívána v interních procesech a při návrhu produktu, tj. pro celý jeho životní cyklus.

### 3.1.7 Fault Tree Analysis

Metoda je speciálně používána k určení kombinací poruch, jež mohou vést k havárii. Typické na této metodě je popis stromu poruch, mající tzv. TOP (vrcholovou) událost, která je hlavní nežádoucí událostí. Analýzou stromem poruch lze vytvořit přehledné a systematické vizuální zobrazení, které umožňuje jasnou a zřetelnou identifikaci daných prvků, přispívajících k poruše.

Metoda umožňuje celkem snadno detekovat „slabá místa“ v systému a odhalit aspekty z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti. FTA bývá někdy kritizována pro obtížné zjišťování přesných údajů a chybné logiky, které může vést k použití nekompletního schématu poruch. Na druhé straně, analýza nebezpečí prováděna na základě sestavení schématu poruch již pomohla při rozhodování v řadě problémů.

### 3.1.8 Event Tree Analysis

Na rozdíl od FTA, která postupuje od vrcholové události k jejím příčinám, se ETA nezabývá příčinami nežádoucí události, ale bere v úvahu další rozvoj události,

kteře jsou zpravidla vyjádřeny graficky. Výsledkem jsou tedy sekvence havárií, řada poruch a chyb vedoucích k havárii.

Metoda je vhodná pro analýzu komplexního procesu, který má několik druhů bezpečnostních systémů. Analýza může být prováděna jak jedním, tak více analytiky, nemělo by jich však více než 5. Analytici využívají výsledky k doporučení opatření ke snížení pravděpodobnosti následků potenciálních poruch.

### **3.1.9 Cause Consequence Analysis**

Tato analýza zahrnuje nejdříve zkoumání počáteční „rozhodující události“ a poté studium sledu události ve výrobním procesu s ohledem na jejich příčiny. Diagram příčin a následků zaznamenává výsledky analýzy a preferuje přitom příčinný vztah mezi událostmi a jejich časovým sledem.

### **3.1.10 Human Reliability Analysis**

Cílem analýzy spolehlivosti člověka je identifikovat možné lidské chyby a jejich působení nebo příčiny těchto chyb. Jinými slovy, představuje systematické hodnocení faktorů, ovlivňující činnost osob. Systematicky vyjmenovává chyby, se kterými je možné se setkat při normálním technologickém provozu.

Principem jsou dotazy na fyzikální charakter procesu, charakteristiku okolí, dovednosti, znalosti a schopnosti zaměstnanců. HRA se obvykle provádí společně s jinými metodami (např. FTA).

## 4 FMEA

Metodu FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) můžeme definovat jako *systematický postup analýzy systému za účelem zjištění potenciálních způsobů poruch, jejich příčin a důsledků* [7]. Anglický název bývá normativně přeložen jako „Analýza způsobů a důsledků poruch“, nicméně v praxi se mnohem častěji můžeme setkat s názvem „Analýza možností vzniku vad a jejich následků“.

Pokud analýza zahrnuje i odhad kritičnosti důsledků poruch, mluvíme o analýze způsobů, důsledků a kritičnosti poruch, čili FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Obecně vzato, analýza FMEA a FMECA je v jádru stejná, pouze FMECA je jakýmsi logickým rozšířením metody FMEA.

Mezi přínosy analýzy FMEA lze uvést:

- ✓ jde o systémový přístup k prevenci nežádoucí kvality
- ✓ snižuje finanční ztráty způsobené nekvalitou produktů
- ✓ přispívá ke zkrácení doby při řešení vývojových prací
- ✓ optimalizuje návrh a snižuje počet změn ve fázi realizace, tj. umožňuje „provádět věci správně napoprvé“
- ✓ hodnotí riziko možných vad, na jehož základě lze stanovit priority opatření vedoucích ke zlepšení kvality návrhu
- ✓ vytváří podmínky pro účelné využívání zdrojů
- ✓ vytváří informační databázi o produktu
- ✓ dává relevantní podklady pro zpracování kontrolních plánů
- ✓ je významným elementem kontrolního systému v oblasti tvorby návrhu
- ✓ zvyšuje image a konkurenceschopnost organizace
- ✓ pomáhá zvýšit spokojenost zákazníka

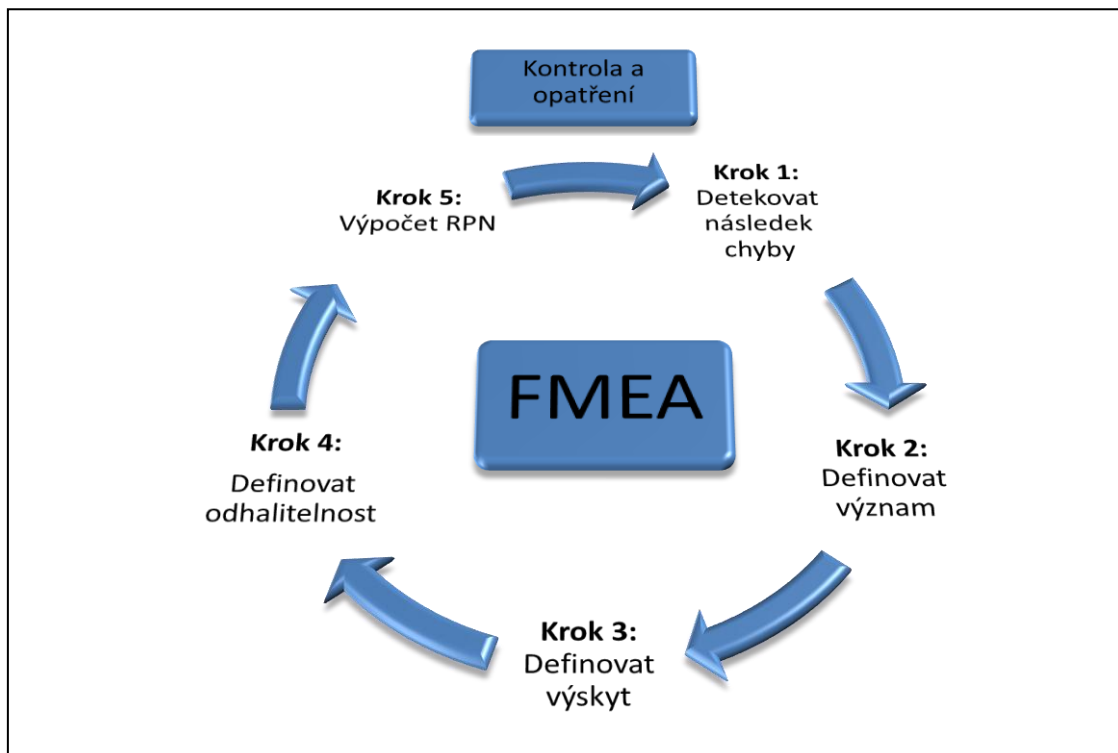
Metodu FMEA lze použít jak pro nové či inovované produkty nebo procesy, tak i pro stávající produkty a procesy. Při použití metody by měly být dodrženy následujících pravidla:

- FMEA je týmová analýza s využitím brainstormingu
- uplatňuje se tvůrčí myšlení – nejde tedy o rutinní práci!
- odpovědnost za aplikaci FMEA má útvar odpovědný za analyzovaný návrh



- pokud jde o nové produkty či procesy, pak FMEA musí být zahájena už ve fázi koncepce
- výsledky FMEA jsou záznamem o kvalitě a tudíž by neměly být volně poskytovány

Jak již bylo výše zmíněno, FMEA je metodou, kterou je nutno aplikovat v týmu, protože její výhodou je právě využití znalostí a zkušeností jednotlivých odborníků. Kdo by v týmu rozhodně neměl chybět, jsou zástupci technologie, R&D, výroby, zkušeben, útvaru řízení jakosti, ekonomického, nákupního a logistického útvaru. Pro efektivní práci týmu je důležité metodické a organizační řízení práce týmu zkušeným moderátorem.



Obrázek č. 9: Průběh FMEA

FMEA je nejčastěji využívána k **návrhu produktu** a k **procesu** a průběh samotné analýzy je zaznamenáván do formuláře. Ten však není jen pouhým záznamem o kvalitě, ale slouží jako živý dokument, jež deklaruje neustále vyvíjenou aktivitu při zlepšování systému organizace.

Analýza FMEA probíhá v následujících etapách:

- 1) analýza a hodnocení současného stavu
- 2) návrh opatření
- 3) hodnocení stavu po provedení opatření

Tvorba prvotní analýzy, ať už pro návrh produktu či pro proces, vyžaduje značné úsilí a nelze tedy počítat s tím, že se jedná o jakousi krátkodobou činnost. Jakmile je analýza vypracovaná, tzn., existuje určitá platforma, je možné ji využít v různých modifikacích k dalším analýzám.

## 4.1 FMEA návrhu produktu

FMEA návrhu produktu slouží k zajištění co nejúplnějšímu zkoumání návrhu produktu. Základním cílem je odhalit všechny možné nedostatky, které by návrh mohl mít, již v etapě navrhování. Případné zjištění nedostatků musí mít přímou vazbu na realizaci opatření, která by tyto nedostatky odstranila (volně převzato z [8]).

Použití FMEA návrhu produktu:

- při návrhu nových dílů nebo jejich změnách
- při návrhu použití jiných materiálů
- v případě změn požadavků zákazníka
- při použití daného produktu v jiných podmínkách
- u změn požadavků na bezpečnost a ekologickou nezávadnost
- pro díly, u nichž se v minulosti vyskytly nedostatky
- pro díly, které mohou být potenciálně problémové

### 4.1.1 Analýza a hodnocení současného stavu

Při této činnosti se vychází ze skutečnosti, že je nadefinovaný odpovědný pracovník = autor řešení, který všechny členy týmu podrobně seznámí s požadavky zákazníka, včetně jednotlivých komponent produktu, charakteristik, funkcí a s navrhovaným řešením. Následuje krok, kdy je produkt systematicky rozparcelován na jednotlivé součásti a postupně se provede vlastní analýza.

Základním krokem analýzy je identifikace funkcí (*Prvek/Funkce*), viz. Příloha č. 5. Dalším krokem analýzy je identifikace možných vad (*Možná vada*), které by mohly vzniknout u dané součásti v průběhu plánovaného životního cyklu. Při definování možné vady se ptáme: „Jaké vady se na takto navrženém produktu mohou za

dobu plánovaného života vyskytnout?“ Jako příklady možných vad lze uvést např. deformace, zlomení, uvolnění, vibrace, koroze, atd.

Tým analyzuje všechny možné následky, vznikající z možných vad (*Možné následky vady*), přičemž následek vady je chápán jako působení vady na zákazníka, resp. jak bude zákazník vzniknuvší vadu vnímat. Při provádění analýzy se u tohoto prvku ptáme: „Jaké následky (dopady na zákazníka) může vznik dané vady vyvolat?“ Mezi příklady možných následků vad lze zařadit ohrožení života, poranění uživatele, snížení výkonu, nepravidelný chod, apod.

V dalším kroku provádí tým FMEA analýzu všech možných příčin (*Možné příčiny/mechanismy vady*), jež mohou danou vadu iniciovat. S ohledem na to, že jde o analýzu návrhu produktu, je třeba jednotlivé příčiny hledat v nedostatecích navrhovaného řešení. Možné příčiny vady musí být popsány co nejpřesněji a co nejvýstižněji tak, aby k nim bylo možné v dalším zpracování nalézt vhodná opatření. Otázka pro tento prvek: „Jaké příčiny (nedostatky návrhu) mohou vznik dané vady způsobit? Příklady možných příčin vad: nevhodné konstrukční řešení, špatná specifikace materiálu, nesprávná tloušťka materiálu, nesprávné tolerance, atd.

V dalších dvou krocích analýzy jde o opatření používaná k prevenci působení jednotlivých příčin možné vady (*Stávající opatření pro prevenci*), kdy se ptáme: „Jaké kroky jsme provedli, abychom předešli vzniku vady?“ a o analýzu stávajících kontrolních postupů (*Stávající řízení návrhu – odhalování*), jež jsou používány k ověření vhodnosti navrhovaného řešení. Při analýze tohoto prvku se ptáme: „Jakými způsoby si před uvolněním návrhu do výroby ověřujeme, že není náchylný ke vzniku dané vady?“ Lze k tomu využít např. softwarové simulace.

K výše jmenovaným prvkům analýzy je nutné definovat hodnocení rizik možných vad. Hodnotí se:

- ✓ význam (závažnost) vady
- ✓ očekávaný výskyt vady
- ✓ odhalitelnost vady

Při tomto hodnocení se potenciální vady hodnotí ze tří možných hledisek, které se hodnotí na škále od 1 do 10.

Pokud jde o význam vady (*Význam*), pak tým hodnotí, jak moc je potenciální následek vady pro zákazníka závažný (viz. Příloha č. 1, Tabulka č. 1). Samozřejmě existují situace, kdy daná vada může vést k několika různým následkům. Potom se příslušné hodnocení vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady. S významem je úzce

spjata charakteristika produktu (kritická, klíčová, hlavní, významná,...) a je označena ve sloupci (*Kritičnost*) příslušným symbolem. Vady, které mají význam 1, se dále neanalyzují.

V případě očekávaného výskytu vady (*Výskyt*) jsou týmem hodnoceny technické možnosti vzniku vady v průběhu celého životního cyklu produktu či dílu, přičemž výchozím bodem jsou zkušenosti z podobných produktů. Jde tedy o posouzení pravděpodobnosti vzniku vady vyvolané určitou příčinou, protože se pravděpodobnost výskytu vztahuje k dané vadě. Bodové hodnocení má přímou vazbu k určitému kvalitativnímu vyjádření a roste s očekávanou četností výskytu vady (viz. Příloha č. 1, Tabulka č. 2). Při hodnocení výskytu jsou zohledňována opatření pro prevenci působení příčin možné vady a ptáme se: „S jakou pravděpodobností může daná vada vlivem příčné příčiny za dobu plánovaného života produktu nastat?“

Dalším hodnocením je odhalitelnost vady (*Odhalitelnost*), kdy se dané hodnocení (viz. Příloha č. 1, Tabulka č. 3) opírá o posouzení účinnosti stávajících kontrolních postupů, které se používají k posuzování návrhu produktu. Z hodnocení je zřejmé, že v případě, kdy je odhalitelnost vady či její příčiny vysoká, je bodové hodnocení nízké. Na druhé straně, pokud nelze vadu ani její příčinu používanými kontrolními postupy odhalit, je naopak bodové hodnocení vysoké. Při doplňování tohoto aspektu se ptáme: „Jak účinné jsou používané postupy ověřování návrhu k odhalení náchylnosti k dané vadě?“

Jakmile se stanoví bodové hodnocení všech tří kritérií, provede se výpočet integrovaného kritéria, tzv. **rizikové číslo** (RPN – Risk Priority Number), které se vypočte jako součin daných bodových hodnocení jednotlivých kritérií:

$$\text{RPN} = \text{Význam} * \text{Výskyt} * \text{Odhalitelnost}$$

Po provedeném hodnocení, stanovení rizikových čísel a výpočtu se provádí selekce skupiny těch možných vad, jejichž riziková čísla jsou příliš vysoká a k nim navrhnout příslušná opatření ke snížení rizika. Pro tento účel se používá srovnání dosažené hodnoty rizikového čísla s kritickou hodnotou, která je obvykle stanovena zákazníkem. V praxi je tato hodnota nejčastěji stanovena jako kritérium 100 nebo 125.

Kromě hodnoty RPN čísla je nutné vždy provést analýzu možných vad, u nichž některé z dílčích kritérií dosahovalo vysoké hodnoty. V případě, že není stanoveno RPN nebo jej nelze vyčíslit, je možné použít např. Pareto-analýzu, kdy jsou kritéria setříděna.

### 4.1.2 Návrh opatření

Definovaný tým navrhuje opatření u možných vad, kde byla překročena kritická hodnota RPN, popřípadě těch, kde některé z dílčích kritérií dosahovala vysokých hodnot (*Doporučená opatření*). Jde-li o nebezpečné následky (význam bodově ohodnocen 9 nebo 10), pak by tato opatření měla být zaměřena, a priori, na snížení významu. V případě, že nejde o nebezpečné následky, tj. jsou ohodnoceny 8 a méně, má prioritu snižování pravděpodobnosti výskytu vady.

Po tomto kroku se uzavírá první fáze práce FMEA týmu. Navržená opatření jsou předložena odpovědné osobě ke schválení, delegování odpovědnosti za realizaci a definování termínových milníků (*Odpovědnost, Termín realizace*).

### 4.1.3 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Konečný krok analýzy FMEA se provádí po realizaci opatření. Tým opět hodnotí nová rizika jednotlivých potenciálních vad, na které byla příslušná opatření zaměřena. Stupnice, která se používá k hodnocení, musí odpovídat stejné stupnici, jako původní hodnocení. Do FMEA formuláře se provádějí záznamy o provedených opatřeních (*Provedená opatření*), současně s bodovým hodnocením, včetně nových hodnot RPN.

Účinnost provedených opatření lze hodnotit posouzením změn daných RPN. Aby bylo možné definovaná rizika považovat za přijatelná, musí dojít k poklesu RPN pod kritickou hodnotu, popř. k poklesu hodnot dílčích kritérií. Může nastat situace, kdy nebude opatření dostatečné, potom je třeba navrhnout účinnější opatření a provést znovu vyhodnocení RPN.

## 4.2 FMEA procesu

FMEA procesu se obvykle provádí před zahájením výroby nových či inovovaných produktů nebo při změnách technologického postupu a obvykle následuje po FMEA návrhu produktu, na kterou navazuje a využívá jejich výsledků.

Postup je obdobný jako při analýze FMEA návrhu produktu s tím rozdílem, že příčiny možných vad tentokrát tým nehledá v nedostacích navrhovaného produktu, u něhož se předpokládá splnění záměru, ale v navrhovaném postupu jeho realizace. Ačkoli je FMEA procesu přeurčena pro přezkoumání a validaci návrhu technologického postupu, je velice cennou metodou rovněž pro analýzu a přezkoumání již používaného

výrobního procesu, protože umožňuje detekovat jeho slabá místa a tak iniciovat jeho zlepšování. Samozřejmě je možné metodu FMEA aplikovat i na libovolné nevýrobní procesy.

Za provedení FMEA procesu je obvykle odpovědný určený pracovník, který týmu FMEA předkládá návrh postupu realizace produktu. Technologický postup by měl obsahovat všechny fáze výroby a rovněž operace po výrobě, až do okamžiku předání výrobku zákazníkovi. Nicméně je možné aplikovat FMEA procesu pouze na konkrétní proces s relevantními vazbami na vstupní/výstupní procesy. Názornost jednotlivých operací by měla být přehledně znázorněna pomocí vývojového diagramu.

#### **4.2.1 Analýza a hodnocení současného stavu**

U FMEA procesu se postupně analyzují jednotlivé dílčí operace procesu, v pořadí, jak na sebe navazují (*Funkce procesu/Požadavky*), (viz. Příloha č. 6).

Jedním z úkolů týmu je identifikovat všechny možné vady, které se mohou v průběhu dané operace vyskytnout (*Možná vada*). Týká se to jak vad vyráběného produktu, tak vad, které způsobí, že některá z následujících operací nebude úspěšná. K těmto vadám se rovněž přiřazují možná selhání procesu, která mohou vést k tomu, že daná operace nebude proveditelná. Jako příklady možných vad lze uvést: nesmontováno, otřepy, špatný průměr, atd.

V dalším kroku provádí tým analýzu dopadů možných vad na zákazníka, na navazující procesy (interní zákazníci) nebo na obsluhu procesu (*Možné následky vady*). Jedna možná vada přitom může iniciovat hned několik různých následků, jako např. nelze provádět montáž, poranění uživatele, ohrožení obsluhy, atd.

Ke každé možné vadě tým FMEA analyzuje všechny možné příčiny (*Možné příčiny/mechanismy vady*). Na rozdíl od FMEA návrhu produktu se však tyto příčiny hledají v nedostatecích posuzovaného procesu (nevhodné parametry nátěru, změna programu obsluhou či špatné seřízení stroje).

U definovaných možných vad a jejich příčin analyzuje tým nejprve používaná preventivní opatření, kterými se předchází působení možné příčiny vady či vzniku vady (*Stávající řízení procesu – prevence*). Poté tým provádí kontrolní postupy, které jsou v procesu používány k tomu, aby v případě výskytu byly možné vady nebo jejich příčiny včas odhaleny (*Stávající řízení procesu – odhalování*).

Po provedené analýze stávajícího stavu následuje hodnocení významu vady, očekávaného výskytu vady a odhalitelnosti vady.

Význam vady (*Význam*) se vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady. V porovnání s hodnocením významu u FMEA návrhu produktu je příslušná tabulka hodnocení rozšířena o následky týkající se dopadu na výrobu či montáž (viz. Příloha č. 1, Tabulka č. 4).

V případě očekávaného výskytu vady (*Výskyt*) se u FMEA procesu posuzuje pravděpodobnost, že v průběhu dané operace vzniknou vlivem dané příčiny produkty s danou možnou vadou (viz. Příloha č. 1, Tabulka č. 5).

Při posuzování pravděpodobnosti odhalení vady (*Odhalitelnost*) tým posuzuje účinnost kontrolních opatření (*Stávající řízení procesu – odhalování*) odhalit výskyt možné vady nebo její příčiny (viz. Příloha č. 1, Tabulka č. 6). Provádění pouze namátkové kontroly by hodnocení odhalitelnosti nemělo ovlivňovat.

Po provedených hodnoceních se na jejich základě provede výpočet RPN čísla, tj. rizikového čísla jednotlivých možných vad, které mohou být vyvolány určitou příčinou.

#### **4.2.2 Návrh opatření**

Pro skupinu možných vad vyvolaných určitou příčinou s hodnotami rizikového čísla přesahujícími stanovenou kritickou hodnotu nebo vad s vyššími hodnotami dílčích kritérií, je úkolem týmu navrhnout vhodná opatření, která by riziko těchto možných vad dostatečně snížila (*Doporučená opatření*). V případě možných vad s nebezpečným následkem by měla být dána přednost snížení významu a pak opatřením snižujícím pravděpodobnost výskytu vad a nakonec zvýšení odhalitelnosti vad či jejich příčin.

Soubor doporučených opatření tým předkládá odpovědnému pracovníkovi ke schválení a přidělení odpovědnosti, včetně termínu realizace (*Odpovědnost, Termín realizace*).

#### **4.2.3 Hodnocení stavu po provedení opatření**

Po provedení opatření tým FMEA opětovně provádí hodnocení rizika těch vad, na které byla opatření zaměřena. Nově zjištěné hodnoty poskytují možnost provést posouzení účinnosti jednotlivých nápravných opatření a případně opětovně vyčlenit možné vady s mírou rizika, jež překračuje kritickou hodnotu.

## 5 APLIKACE FMEA V TPM PRO ORGANIZACI BONATRANS GROUP, A. S.

Organizace BONATRANS GROUP, a. s. se zabývá designem a výrobou dvojkolí a jejich částí pro železniční průmysl. Historie společnosti sahá do 60. let minulého století, kdy byla součástí ŽDB, a. s. a neměla podobu dnešního názvu.

Dnes je společnost zcela osamostatněna a je členem KKCG (Karel Komárek Capital Group). Za posledních 15 let se společnost změnila z lokálního výrobce v největší výrobce železničních kol a dvojkolí v zemích EU a dodává kompletní sortiment „šitý na míru“ do téměř 70 zemí světa (viz. Obrázek č. 10).



Obrázek č. 10: Výrobky společnosti ve světě

Pro představu, společnost BONATRANS GROUP, a. s. vyrábí:

- ℞ dvojkolí
- ℞ kola
- ℞ nápravy
- ℞ kotouče a obruče
- ℞ tlumiče hluku



## 5.1 Systémy v organizaci

Dvojkolí jsou částmi vozidel, které mají zásadní vliv na bezpečný provoz celého vlaku. Proto při jejich vývoji i výrobě klade společnost velký důraz na přísnou a důslednou kontrolu jakosti celého procesu dodávky dvojkolí, tzn. od počátku jednání s potenciálním zákazníkem až po dodávku hotových výrobků.

Ve společnosti je implementován integrovaný systém řízení, který zahrnuje:

- ✓ systém jakosti
  - ISO 9001
  - IRIS
  - AAR
- ✓ systém ochrany životního prostředí
  - ISO 14001
- ✓ systém bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
  - OHSAS 18001

O zajištění jakosti všech procesů, výroby i služeb v organizaci BONATRANS GROUP, a. s. se stará více než 80 pracovníků odboru řízení jakosti. Za dodržení a trvalé zlepšování jakosti je na svém úseku zodpovědný každý zaměstnanec. Osvědčenými prostředky k trvalému zlepšování je vytváření a zapojení autonomních týmů, implementace a zlepšování systémů TQM, TPM a realizace řady interních projektů zaměřených na zlepšovateľskou aktivitu všech pracovníků.




## 5.2 Metodika TPM

V roce 2004 se vrcholové vedení rozhodlo pro implementaci TPM do systému. Současně byla stanovena struktura v organizaci a definovány zodpovědnosti tímto způsobem:




### Řídící tým

-  určuje strategii dalšího rozvoje






### Provozní tým

-  určuje stroje do TPM
-  definuje cíle (termíny, CÚZ)
-  kontrolní činnost






### **Provozní mistr**

-  zodpovídá za naplňování principů a cílů TPM
-  zodpovídá za dodržování plánu AÚ, preventivní údržby, čistek
-  řídí vedoucího pracovního týmu





### **Vedoucí pracovního týmu**

-  sleduje CÚZ a nápravná opatření
-  organizuje workshopy
-  organizuje odstávky strojů
-  organizuje realizaci jednotlivých kroků AÚ
-  organizuje práci členů týmu




### **„Kancelář“ - štáb**

-  řídí implementaci
  - první stroj v novém týmu realizuje
  - druhý stroj dozoruje
  - další stroje dohlíží
-  zajišťuje školení
-  tvoří metodiku
-  metodicky vede pracovní týmy
-  ověřuje jednotlivé kroky AÚ

### **Úkoly TPM koordinátora:**

-  řízení/koordinace údržeb PVK, POM, PMD
-  příprava půdy pro vtažení nových technologií do TPM
-  prezentování výsledků práce měsíčně, čtvrtletně
-  kontrolní činnost pracovních týmů

### Pravomoc TPM koordinátora:

-  rozpočet pro TPM – školení
-  řídí „kancelář TPM“
-  je členem hodnotícího týmu AET - ovlivňuje hodnocení (odměnu) AET na základě prováděných auditů AÚ

Dnes je TPM součástí mnoha strojů a zařízení, nicméně v první fázi musely být vytipovány stroje, které jsou určeny jako pilotní a na nichž se aplikoval koncept TPM. Součástí implementace TPM bylo definování autonomních týmů (AET), které jsou do procesu zavádění aktivně zapojeni. Pracovníci těchto týmů jsou proškoleni na takovou úroveň, aby mohli s TPM pracovat.

Součástí první fáze bylo provést 1. krok a tím je „**úvodní čištění**“, jež sestává z:

1. Přípravy čištění. Lídr AET definuje úkony pro čištění na základě návrhu postupu čištění sestaveného údržbářem s ohledem na své zkušenosti a návod k provozování stroje
2. Prohlídky vybraného zařízení, seznámení se základními funkcemi zařízení, rozdělení úkolů a prací při čištění, proškolení o stroji (cca 30 min)
3. Úvodního čištění
  - a. Lídr AET nahlásí zahájení úvodního čištění všem účastníkům se pracovníkům minimálně týden předem a zpracuje *Kontrolní seznam*
  - b. Zhotovení fotodokumentace zařízení před čištěním
  - c. Vyčištění stroje podle dokumentu *Rozdělení činností*
  - d. Označení objevených chyb na stroji, zapsání do *Karty závad*. V případě malé poruchy je odstranění na místě
  - e. Po vyčištění se provede společné vyhodnocení, doplnění *Karty závad*
  - f. Umístění *Karty závad* na nástěnku
4. Postupného odstraňování poruch zjištěných a zapsaných při úvodním čištění a po odstranění každé poruchy se potvrdí odstranění v příslušném sloupci *Karty závad*

5. Po opětovném uvedení do provozu se stroje musí udržovat v čistém stavu a jakékoliv další závady se zapisují do *Karty závad*, popř., u detekce větších poruch, se volá údržba. Denní kontrolu *Karty závad* provádí lídr daného úseku
6. Zhotovení fotodokumentace standardu čistého stroje
7. Závěr 1. kroku autonomní údržby

Po provedení prvního kroku se provádí rešerše provedených činností, kterou zpravidla provádí vedoucí projektu TPM spolu s lidry autonomní údržby. V případě, že jsou nalezeny neshody či nekompletní aktivity, musí se provést nápravná opatření. Pokud nejsou zjištěny žádné odchylky, přechází se postupně k druhému kroku – tvorba „**standardu čištění**“.

Druhý krok v sobě zahrnuje:

1. Schůzku týmu po cca jednom až dvou týdnech provozu stroje od úvodního čištění
2. Zhodnocení a krátké proškolení členů pracovního týmu o 2. kroku autonomní údržby
3. Činnosti přímo u stroje:
  - a. prohlídka všech částí stroje
  - b. identifikace dalších zdrojů znečištění a zapsání do *Karty závad*
  - c. fotodokumentace zdrojů znečištění
4. Údržbář má na základě svých zkušeností a návodu k provozování stroje připraven vlastní návrh postupu čištění. Při společné schůzce se projednávají všechny možnosti, jak odstranit zdroje znečišťování a jejich příčiny.
5. Po vyřešení všech problémů se definuje *Plán čištění*. V něm již budou uvedeny druhy znečištění, které nelze natrvalo odstranit, pomůcky pro čištění, způsob a čas na čištění toho kterého místa a interval pravidelného čištění.
6. Obsluhy strojů (členové týmu) během následného provozování stroje hledají způsoby a možnosti, jak zredukovat časy pro jednotlivé čistící úkony s cílem snížit celkový čas pro čištění.
7. Závěr 2. kroku autonomní údržby.

Dalším a posledním krokem je 3. krok, tj. tvorba „**standardu mazání**“, který je možno realizovat po úspěšném ukončení předchozího kroku. Hlavními činnostmi jsou:

1. Návrhy *Mazacího plánu*, který připraví údržba. Před započítím aktivit se na stroji provedou úvodní školení obsluh a celého týmu o významu a obsahu 3. kroku, tj. o významu mazání, o evidenci olejů a mazadel, o způsobech mazacích úkonů a používaných mazivech na konkrétním stroji, seznámení s mazacími místy podle schématu a mazacího planu stroje. Dále je třeba provést seznámení s celým systémem hospodářství chladicí kapaliny, od nádrží přes rozvody, až po vlastní chladicí místa. Důležité je rovněž zdůraznění péče o kvalitu emulzí.
2. Přesunutí pracovníků ke stroji, kde si fyzicky ověří všechno, co slyšeli na školení, tzn. konkrétní místa, hydraulické a mazací agregáty pro všechny mazací systémy, systémy filtrace a umístění filtrů a výměnných filtračních vložek, vlastní rozvody a zařízení pro čištění emulze.
3. Sepsání všech zjištěných závady způsobující úniky olejů a emulzí, nepřístupných míst, kontrolu a udržování mazacích míst a agregátů v čistotě, nepřístupných nebo nefunkčních maznic, olejoznaků, hladin emulzí do připravených *Karet závad*
4. Prohlídka a identifikace závad. Poté se provádí schůzka s diskusí o všech zjištěných odchylkách a závadách a následných opatření ke zlepšení.
5. Po odstranění závad a problémů, zapsaných do *Karty závad*, které znemožňují nebo ztěžují pravidelnou péči o mazání a chlazení, se všechna mazací místa a části strojů, která vyžadují pravidelnou péči, zapíše do formuláře *Mazací plán* s využitím mazacích plánů výrobce stroje.
6. Uvedení mazacích intervalů do *Mazacího plánu*, unifikace typů maziv na podmínky BONATRANS GROUP, a. s., minimalizace časů potřebných pro vlastní mazací úkony, identifikace pomůcek určených pro snadné a rychlé použití, dostupnost všech potřebných maziv a olejů.

7. Viditelné označení všech mazacích míst a plnicích otvorů pro kontrolu a mazání podle vytvořeného standardu s uvedením typu maziva
8. Po odstranění závad zjištěných při kontrole stroje, které ztěžují péči o mazání a z toho plynoucí další minimalizaci časů pro jednotlivé mazací úkony, je definitivně ukončen proces „Standard mazání“.

Mezi jednotlivými kroky bylo provedeno ověření, zdali jsou všechny požadavky TPM naplněny. Postupně byly zapojeny další a další stroje a zařízení. Údržba však musí zohlednit a kategorizovat zařízení podle následků poruchy:

- ☞ Vliv na provoz zařízení
  - hodnocení následku poruchy
  - vliv na bezpečnost a funkci zařízení
- ☞ Schopnost předpovídat poruchy
  - hodnocení možnosti předpovědět poruchu
  - zohlednění průběhu poruchy
- ☞ Frekvence poruch
  - hodnocení poruch za časovou jednotku
  - zohlednění statistiky



### 5.3 Aplikace FMEA na konkrétní stroj

Pro účely své diplomové práce jsem si zvolil jeden z klíčových strojů, který je součástí TPM a tím je **kovací lis náprav CKN 800** (viz. Obrázek č. 11). Tento stroj je umístěn na provozu kovárna náprav, patří mezi jeden z nejstarších strojů v organizaci a opírá se o něj celková produkce náprav. Jinými slovy, v případě poruchy, či odstavení dochází ke značnému ohrožení produkce.

Během své činnosti v organizaci prošel několika změnami. Původně byl stroj ovládán manuálně, což, vzhledem k zvyšujícím se nárokům na produkci, vedlo k jeho modernizaci. Byl doplněn o hydraulické nástroje a automatické ovládání z kabiny.

Po procesu třídění jsou surové nápravy předávány na provoz obrábění, kde prochází několika operacemi, až k samotné expedici.



Obrázek č. 11: Kovací lis CKN 800

Lis byl začleněn do TPM v letech 2004 – 2005 a postupně prošel všemi nutnými kroky implementace. Před provedením prvního kroku bylo provedeno zdokumentování aktuálního stavu stroje, společně s pořízením fotodokumentace. Další činností bylo

úvodní čištění. Po této činnosti se provedlo srovnání s předchozím stavem (viz. Příloha č. 2). Současně byl týmem vytvořen standard čištění a standard mazání (viz. Příloha č. 3).

Stroje, které již jsou v systému TPM, mají navržen konkrétní systém mazání a čištění, který je vytvořen „na míru“. Tyto preventivní prohlídky mají vytvořený časový harmonogram, ze kterého je jasné co a jak se má provádět a kontrolovat. Tyto preventivní prohlídky jsou prováděny jak obsluhou, tak údržbou a to na každé směně (viz. Příloha č. 4).

Využití metody FMEA má pro lis relevantní opodstatnění. Pomocí ní je možné odhalit potenciální poruchy na zařízení a současně se dá využít k analýze produktu, který má z tohoto technologického procesu vzniknout.

Pokládám za důležité vyjasnit obtížnost při provádění údržbářské FMEA analýzy. Vzhledem k tomu, že jsou v organizaci zavedeny tři systémy řízení, musí FMEA údržby zohledňovat všechny tři systémy, tj. kvalitu, životní prostředí a v neposlední řadě i bezpečnost.

Pokud se provádí FMEA kvality, zajímá zodpovědného pracovníka pouze kvalita, ale nikoli zbývající systémy. Máme-li např. provést FMEA na kvalitu pro proces lisování, pak nás bude zajímat, jestli má výrobek splněny parametry kvality, jako jsou tolerance, přesahy, vizuální vzhled, atd. Nebude nás však z pohledu kvality zajímat případ, kdyby se porouchal stroj, jaký vliv to může mít na život a bezpečnost člověka (bezpečnostní systém) nebo jaké mohou být dopady vyteklého oleje na životní prostředí (environmentální systém). A to je právě onen rozdíl v provádění údržbářské FMEA, která musí zohlednit všechny relevantní systémy.

## **5.4 FMEA produktu**

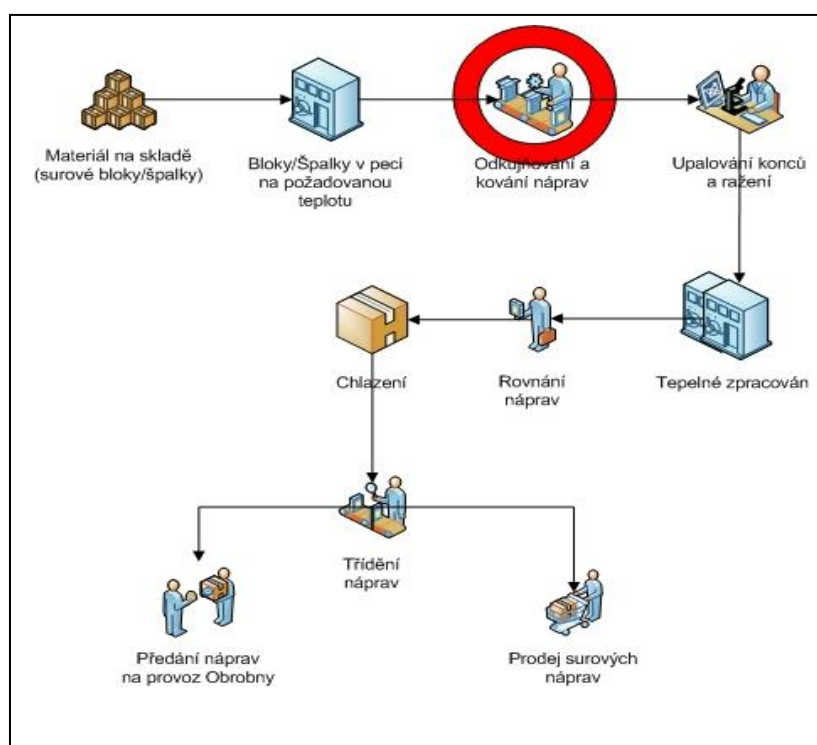
Funkce lisu je vykovat nápravy podle požadavků, resp. kritérií tak, aby je bylo možné dále zpracovávat. Lis je ovládán poloautomaticky a proces kování náprav se provádí ve třech etapách, přičemž jedna etapa vytváří dřík nápravy, druhá etapa sedlo a třetí prašník. Tato činnost je prováděna kontinuálně a z obou stran.

Možná by bylo vhodné vysvětlit pojem „proces“. Proces je tedy možné interpretovat jako soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně na sebe působících činností, které přeměňují vstupy na výstupy za současného spotřebovávání zdrojů.



Čili proces kování náprav přeměňuje surový blok/špalek na nápravu. Vstupem do procesu kování náprav jsou surové bloky/špalky a interním dodavatelem je karuselová pec, kde jsou bloky/špalky nahřívány na požadovanou teplotu. Poté bloky/špalky prochází odkujňovačem a pomocí manipulátoru jsou umístěny do kovacího lisu. Po provedeném kování putují nápravy, resp. výstup z procesu po dopravníku k dalšímu zařízení, kde se provádí upalování konců nápravy na požadovanou délku. Toto zařízení je tedy interní zákazník.

Předmětem FMEA produktu je v tomto případě vykovaná náprava. Po definování realizačního týmu, se provádí seznámení členů týmu s procesem na provozu Kovárna náprav, který je zobrazen ve vývojovém diagramu (viz. Obrázek č. 12).



Obrázek č. 12: Vývojový diagram na provozu Kovárna náprav

Tým je rovněž seznámen s požadavky na produkt, protože ne každý člen týmu zná danou problematiku dokonale.

Po provedeném seznámení se provádí hodnocení a analýza současného stavu a zaznamenává se do FMEA formuláře (viz. Příloha č. 5). Jak již bylo zmíněno, prvkem analýzy je vykovaná náprava, na kterou jsou kladeny dvě základní funkce a tím jsou, aby náprava měla požadované rozměry a požadované vlastnosti. Tým se dále zabývá

potenciálními vadami, jaké následky mohou tyto vady vyvolat. Nezbytnou součástí brainstormingu je definovat příčiny poruch a jaký je důsledek poruchy na prvek a na samotný provoz.

Dalším krokem analýzy je definování parametrů pro výpočet RPN. V analýze se zvýrazní hodnoty, které jsou vyšší nebo rovny číslu 8 a současně se provádí výpočet RPN, které má hodnotu stanovenou na 125.

Z provedených výpočtů je zřejmé, že RPN není překročeno, nicméně v některých případech dosahuje významných hodnot. Proto následuje selekce potenciálních vad a navržení doporučených opatření. Každé opatření musí mít definovanou odpovědnost a termín, do kterého má být navržené opatření naplněno. Po této činnosti následuje kontrola provedených opatření a re-kalkulace RPN.

V porovnání s předchozími výpočty se hodnota RPN snížila ve všech vybraných vadách.

Analýza rovněž umožňuje definovat selekci jednotlivých systémů, což vede k jasnějšímu stanovení, pro který systém je vada signifikantní. Například potenciální vada „Nehomogenní materiál“ může vést v konečném důsledku k lomu nápravy, což by mělo katastrofální dopad na všechny systémy, jak kvalitativní (snížení důvěry v kvalitě produktu), tak ekologické (možnost úniku nebezpečných látek při havárii), tak i bezpečnostní (poranění či smrt osob). V tomto případě je nutné stanovit taková doporučená opatření, která minimálně sníží hodnoty parametrů. Je jasné, že význam se nezmění, ale ostatní parametry je možné snížit. Výsledek rizikového čísla se podařilo snížit na třetinu původní hodnoty, je však nutné podotknout, že hodnota významu se nikterak nezměnila.

Obecně lze konstatovat, že aplikací metody FMEA dochází ke snížení rizik, a to nejen potenciálních, jež má pozitivní dopad na TPM. Účinně tak ovlivňuje CÚZ, resp. 6 velkých ztrát na zařízení, způsobilost výrobního zařízení, produktivitu a současně autonomní údržbu. Na druhé straně je nutno podotknout, že provedení analýzy FMEA je časově náročná činnost, kterou nelze provádět „od stolu“, ale vyžaduje si proaktivní přístup s využitím odborných znalostí.

## 5.5 FMEA procesu

Zpravidla se nejdříve provádí FMEA produktu a poté FMEA procesu. Jak jsem již naznačil, kování náprav, je klíčový proces, proto jsem si jej zvolil i při provádění analýzy FMEA procesu (viz. Příloha č. 6).

Procesní FMEA analyzuje procesy zahrnuté do výroby a údržby. V organizaci BONATRANS GROUP, a.s. se je možné využívat FMEA produktu i procesu.

Konkrétní analýza je rozpracována na proces kování náprav, resp. na stroj, který kování náprav provádí. Prvotní postup je obdobný, jako u FMEA produktu, tzn., že definovaný tým je seznámen s procesem kování, aktivně se zúčastní prohlídky na provozu a jsou zaznamenány aktuální informace z provozu. Po této činnosti probíhá základní sestavení analýzy, kdy jsou vyspecifikovány funkce procesu, tedy ty, jež jsou požadované. Dalším krokem je hledání potenciálních vad, které bývají otázkou brainstormingu. Po detekování vad se přechází k analýze možných poruch, tzn., co může potenciální vada způsobit. Nedílnou součástí analýzy je zjistit příčiny poruch a odhadnout důsledek poruchy.

Další částí analýzy je určení kritičnosti pro daný systém. V případě, že má vada vliv na některý ze systémů, je v políčku uvedeno „ano“, což vede k detailnějšímu roztřídění vad na jednotlivé systémy. Následujícím krokem je určení významnosti pro význam, výskyt a ohdalitelnost pomocí nichž se vypočítá rizikové číslo. To je stanoveno na hodnotu 125. Hodnota vyšší než 8 je zvýrazněna a je na daný prvek kladen důraz. Při provádění analýzy je důležité vybrat to, které má nejvyšší číslo a k němu pak doporučit opatření ke snížení. Součástí opatření je i definovat odpovědnosti a termíny. Poté následuje kontrola naplnění opatření.

Z analýzy je zřejmé, že u všech definovaných vad došlo po přijetí doporučených opatření ke snížení rizikového čísla, avšak ne u každého kritéria došlo ke snížení. U potenciální vady „deformace“ došlo po zavedení kontroly prvního kusu a mezioperační kontroly u každého 10. kusu ke zvýšení výskytu. Z čehož vyplývá, že ne každé opatření vede ke snížení hodnot jednotlivých parametrů.

Pro srovnání jsem provedl FMEA procesu i v softwarové verzi xFMEA [9]. Tato verze se mi zdá lepší, protože je z ní možné ihned vidět grafická zpracování podle různých vad, Pareto, RPN, atd.

Pomocí analýzy je možné detekovat příčiny, které vedou ke zvyšování prostojů a tím ke snížení produkce.

Mohu konstatovat, že i FMEA procesu má významné opodstatnění v organizaci, protože nepřímo zvyšuje spokojenost zákazníka tím, že identifikuje možné vady, které by mohly zapříčinit problémy s termínem dodání. Další výhodou je, že pomáhá snižovat šance katastrofických scénářů mající dopad na zdraví osob či životní prostředí.

Analýza FMEA je pro firmu výborný nástroj, jak efektivně snižovat identifikovaná rizika. Současně si myslím, že by stávající FMEA, kterou společnost provádí, měla být nahrazena softwarovou verzí (viz. Příloha č. 7), která systematicky vytváří analýzu, doplněnou grafy a statistikou, která může být dále využívána. Pomocí nápravných opatření jsem efektivně snížil rizika na přijatelnou hodnotu, jak je možné vidět na grafech v příloze č. 7. Prostoje a produktivita strojů a zařízení je rovněž pozitivně ovlivněna analýzou, protože prostoje se významně snížily (viz. Příloha č. 8) a tím je ovlivněno zvýšení produktivity.

## 6 ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem interpretoval systémy RCM a TPM. Systém TPM jsem detailně popsal a vysvětlil jeho programy. V další části jsem se zabýval vybranými metodami rizik a vybral jsem metodu FMEA jako vhodnou analýzu pro TPM.

Hlavním cílem mé práce bylo zhodnotit využití metody FMEA v TPM pro organizaci BONATRANS GROUP, a.s., což bylo splněno. Provedl jsem analýzu produktu a procesu na stroj, který je součástí TPM. Z provedených výsledků vyplývá, že je pro organizaci důležité zaměřit se především na kontrolu svých produktů a procesů, protože i sebemenší zanedbání potenciálního rizika může vést ke katastrofickým scénářům (např. prasknutí kola či nápravy). Analýza FMEA pomáhá rozklíčovat i rizika, která mohou být doposud skryta. Zvyšuje se tak transparentnost analyzovaného produktu/procesu, což je částečně odpověď na otázku: „Proč zvolit zrovna analýzu FMEA pro TPM?“

Nemalým přínosem analýzy je přispění k **prevenci**, tj. včasnou identifikací rizik se omezí možnost vzniku poruchy. Analýza je vhodná pro TPM rovněž tím, že jednak detekuje potenciální vady, ale také analyzuje důsledky jednotlivých vad. Což je, ve srovnání s jinými metodami, velká výhoda. Proto doporučuji organizaci použít tuto metodu i pro ostatní stroje a zařízení nejen v rámci TPM. Principiálně by se nastavila jakási šablona FMEA, podle které by se vytvářely modifikace pro ostatní stroje, nebo je také možné použít softwarovou podporu.

Analýza FMEA slouží jako výborný nástroj v hledání potenciálních rizik, pomocí které je možné analyzovat produkt, proces, design, služby či životní cyklus produktu. Platí totiž obecná formulace, že čím dříve ve fázi životního cyklu odhalíme riziko, tím nižší jsou finanční ztráty. Má tedy bezesporu široké využití. Metoda FMEA mimo jiné:

- ✓ zvyšuje kvalitu, spolehlivost a bezpečnost produktů, služeb, strojů a procesů
- ✓ zvyšuje image a konkurenceschopnost společnosti
- ✓ pomáhá určovat životní cyklus produktu a zvyšuje produktivitu
- ✓ dokumentuje reciprocitu identifikovaných vad a nápravných opatření

Na druhou stranu musím konstatovat, že FMEA je analýza, vyžadující dostatečné zkušenosti a znalost analyzovaného produktu/procesu. Proto se musí provádět týmově s využitím brainstormingu.

## 7 LITERATURA A ZDROJE INFORMACÍ

- [1] MOUBRAY, J. *Reliability-centered maintenance*. Industrial press, Inc. 1997. ISBN 0-8311-3146-2
- [2] WIREMAN, T. *Total productive maintenance*. Industrial press, Inc. 2004. Second Edition. ISBN 0-8311-3172-1
- [3] MAŠÍN, Ivan; VYTLAČIL, Milan. *TPM – Management a praktické zavádění*. Liberec, Institut průmyslového inženýrství, 2000. 246 s. ISBN 80-902235-5-9
- [4] KRIŠŤÁK, J.; DEBNÁR, P.; BOLEDOVIČ, Ľ.; DEBNÁR, R.; KOSTURIAK, J. *TPM – Totálne produktívna údržba*. IPA Slovakia, Žilina. Kapesní příručka
- [5] MANAGEMENT JAKOSTI s podporou norem ISO 9000:2000. *Komplexní produktivní údržba*. Srpen 2002
- [6] BARTLOVÁ, Ivana; DAMEC, Jaroslav. *Prevence technologických zařízení*. 1. vyd. Ostrava: Edice SPBI Spektrum. 243 s. ISBN 80-86634-10-8
- [7] ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha. Český normalizační institut, 2007
- [8] PLURA, J. *Metoda FMEA a FTA*. Ostrava. DTO CZ, s.r.o. Podpůrné učební texty pro BONATRANS GROUP a.s. Bohumín
- [9] <http://www.reliasoft.com/xfmea/>

## 8 ZKRATKY

|       |  |
|-------|--|
| FMEA  | Failure Mode and Effects Analysis                    |
| TPM   | Total Productive Maintenance                         |
| RCM   | Reliability Centred Maintenance                      |
| TQM   | Total Quality Management                             |
| CÚZ   | Celková účinnost zařízení                            |
| CEZ   | Celková efektivnost zařízení                         |
| OEE   | Overall Equipment Effectiveness                      |
| A     | Availability/Použitelnost                            |
| P     | Performance/Výkon                                    |
| Q     | Quality/Kvalita                                      |
| TEEP  | Total Effective Equipment Performance                |
| 5S    | Princip autonomní údržby                             |
| PDCA  | Plan – Do – Check – Act (Demingův cyklus zlepšování) |
| BOZP  | Bezpečnost a ochrana zdraví při práci                |
| FMECA | Failure Modes, Effects and Criticality Analysis      |
| R&D   | Research and Development/Výzkum a vývoj              |
| RPN   | Risk Priority Number                                 |
| ŽDB   | Železářny a drátovny Bohumín                         |
| EU    | Evropská unie  |
| ČSN   | Česká technická/státní norma                         |
| ISO   | International Organization for Standardization       |
| IRIS  | International Railway Industry Standard              |
| AAR   | American Association for Railways                    |
| OHSAS | Occupational Health and Safety Assessment Series     |
| PVK   | Provoz výroba kol                                    |
| PVN   | Provoz výroba náprav                                 |
| POM   | Provoz obrobna kol                                   |
| PMD   | Provoz mechanické dílny                              |
| AÚ    | Autonomní údržba                                     |
| AET   | Autonomní výrobní tým                                |

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: *Relevantní tabulky pro analýzu FMEA*
- Příloha č. 2: *Srovnání stavu částí kovacího stroje před/po úvodním čištěním*
- Příloha č. 3: *Standard čištění a standard mazání*
- Příloha č. 4: *Preventivní prohlídky obsluhy a údržby na stroji CKN 800*
- Příloha č. 5: *FMEA produktu*
- Příloha č. 6: *FMEA procesu*
- Příloha č. 7: *FMEA procesu (softwarová verze)*
- Příloha č. 8: *Porovnání prostojů s vlivem analýzy FMEA*



*Příloha č. 1: Relevantní tabulky pro analýzu FMEA*

Tabulka č. 1: Hodnocení významu vady u FMEA návrhu produktu [7]

| <b>Důsledek</b>   | <b>Kritéria:<br/>Závažnost důsledku ve vztahu k produktu<br/>(důsledek ve vztahu k zákazníkovi)</b>                     | <b>Známka<br/>Hodnocení</b> |
|---|---|-----------------------------|
| <b>Nesplnění bezpečnostních požadavků a/nebo požadavků předpisů</b> | Možný způsob poruchy, který bez varování ovlivňuje bezpečný provoz zařízení a/nebo znamená nesoulad s právními předpisy | 10                          |
|   | Možný způsob poruchy, který s varováním ovlivňuje bezpečný provoz zařízení a/nebo znamená nesoulad s právními předpisy  | 9                           |
| <b>Ztráta nebo zhoršení primární funkce</b>                         | Ztráta primární funkce (zařízení je nefunkční, neovlivňuje však okolí)  | 8                           |
|   | Zhoršení primární funkce (zařízení funguje, ale při sníženém výkonu)  | 7                           |
| <b>Ztráta nebo zhoršení sekundární funkce</b>                       | Ztráta sekundární funkce (zařízení je funkční, ale funkce zajišťující usnadnění/pohodlí jsou nefunkční)                 | 6                           |
|   | Zhoršení sekundární funkce (zařízení je funkční, ale funkce zajišťující usnadnění/pohodlí jsou na nižší úrovni výkonu)  | 5                           |
| <b>Nepříjemnost</b>   | Vzhled nebo hluk, zařízení je funkční, nicméně není ve shodě a všimla si toho většina osob (> 75%)                      | 4                           |
|   | Vzhled nebo hluk, zařízení je funkční, nicméně není ve shodě a všimlo si toho hodně osob (50 %)                         | 3                           |
|   | Vzhled nebo hluk, zařízení je funkční, nicméně není ve shodě a všimli si toho specialisté/odborníci (< 25%)             | 2                           |
| <b>Žádný důsledek</b>   | Žádný znatelný důsledek   | 1                           |

Tabulka č. 2: Hodnocení očekávaného výskytu vady u FMEA návrhu produktu [7]

| Pravděpodobnost poruchy | Plánovaná doba života/bezporuchovost objektu/zařízení   | Počet případů na počet objektů/zařízení         | Hodnocení |
|-------------------------|---|---|-----------|
| <b>Velmi velká</b>      | Nová technologie/nový návrh produktu bez historie   | $\geq 1$ z 10                                   | 10        |
| <b>Velká</b>            | Porucha je v případě nového návrhu produktu, nového použití nebo změny při pracovním cyklu nevyhnutelná   | 1 z 20  | 9         |
|                         | Porucha je v případě nového návrhu produktu, nového použití nebo změny při pracovním cyklu pravděpodobná  | 1 z 50  | 8         |
|                         | Porucha je v případě nového návrhu produktu, nového použití nebo změny při pracovním cyklu nejistá        | 1 ze 100  | 7         |
| <b>Střední</b>          | Četné poruchy spojované s podobnými návrhy nebo při simulaci a zkoušení návrhu produktu                   | 1 z 500   | 6         |
|                         | Náhodné poruchy spojované s podobnými návrhy nebo při simulaci a zkoušení návrhu produktu                 | 1 z 2 000                                       | 5         |
|                         | Ojedinelé poruchy spojované s podobnými návrhy nebo při simulaci a zkoušení návrhu produktu               | 1 z 10 000                                      | 4         |
| <b>Malá</b>             | Pouze ojedinělé poruchy spojované s téměř identickým návrhem nebo při simulaci a zkoušení návrhu produktu | 1 z 100 000                                     | 3         |
|                         | Žádné zjištěné poruchy spojované s téměř identickým návrhem nebo při simulaci a zkoušení návrhu produktu  | 1 z 1 000 000                                   | 2         |
| <b>Velmi malá</b>       | Porucha je eliminována nástroji řízení prevence   | Porucha je eliminována nástroji řízení prevence | 1         |

Tabulka č. 3: Hodnocení odhalitelnosti vady u FMEA návrhu produktu [7]

| Možnost detekce                                     | Pravděpodobnost odhalení nástrojem řízení návrhu produktu  | Hodnocení | Pravděpodobnost odhalení |
|---|--|-----------|--------------------------|
| Žádná možnost detekce                               | Žádný nástroj řízení stávajícího návrhu produktu; nelze odhalit nebo není analyzováno  | 10        | Téměř nemožná            |
| V žádné etapě není pravděpodobná možnost detekce    | Analýza návrhu produktu; nástroje řízení detekce mají slabou detekční způsobilost; virtuální analýza (např. CAE, FEA, atd.) není v korelaci s očekávanými skutečnými provozními podmínkami                 | 9         | Velmi mizivá             |
| Po zmrazení návrhu produktu a po zahájení (zkoušek) | Ověřování/validace produktu po zmrazení návrhu produktu a před zahájením zkoušení vyhověl/nevyhověl  | 8         | Mizivá                   |
|   | Ověřování/validace produktu po zmrazení návrhu produktu a před zahájením zkoušek do poruchy  | 7         | Velmi malá               |
|   | Ověřování/validace produktu po zmrazení návrhu produktu a před zahájením zkoušek na zhoršování vlastností  | 6         | Malá                     |
| Před zmrazením návrhu produktu                      | Validace produktu (zkoušení bezporuchovosti, vývojové nebo validační testy) pře zmrazením návrhu produktu s využitím zkoušení vyhověl/nevyhověl  | 5         | Střední                  |
|   | Validace produktu před zmrazením návrhu produktu s využitím zkoušky do poruchy (např. dokud nedojde k netěsnostem, deformaci, atd.)  | 4         | Středně velká            |
|   | Validace produktu před zmrazením návrhu produktu s využitím zkoušek na zhoršování vlastností   | 3         | Velká                    |
| Virtuální analýza – korelovaná                      | Analýza návrhu produktu; nástroje řízení detekce mají silnou detekční způsobilost  | 2         | Velmi velká              |
| Detekci nelze použít; prevence poruchy              | Příčina poruchy nebo způsob poruchy nemohou nastat, protože se jim ve velké míře předchází formou řešení návrhu produktu (např. osvědčené návrhové podmínky, nejlepší praktiky nebo běžné materiály, atd.) | 1         | Téměř jistá              |

Tabulka č. 4: Hodnocení významu vady u FMEA procesu [7]

| Důsledek   | Kritéria:<br>Závažnost důsledku ve vztahu<br>k produktu<br>(Důsledek ve vztahu k zákazníkovi)                                    | Hod-<br>no-<br>cení | Důsledek   | Kritéria:<br>Závažnost důsledku ve<br>vztahu k produktu<br>(Důsledek ve vztahu<br>k výrobě)             |
|--|--|---------------------|--|---|
| Nesplnění<br>bezpeč-<br>nostních<br>požadavků<br>a/nebo<br>požadavků<br>předpisů | Možný způsob poruchy, který bez<br>varování ovlivňuje bezpečný provoz<br>zařízení a/nebo znamená nesoulad<br>s právními předpisy | 10                  | Nesplnění<br>bezpeč-<br>nostních<br>požadavků<br>a/nebo<br>požadavků<br>předpisů | Bez varování může<br>ohrozit operátora nebo<br>stroj  |
|  | Možný způsob poruchy, který s<br>varováním ovlivňuje bezpečný provoz<br>zařízení a/nebo znamená nesoulad<br>s právními předpisy  | 9                   |  | S varováním může<br>ohrozit operátora nebo<br>stroj   |
| Ztráta<br>nebo<br>zhoršení<br>primární<br>funkce                                 | Ztráta primární funkce (zařízení je<br>nefunkční, neovlivňuje však okolí)  | 8                   | Závažné<br>porušení  | 100 % produktů bude<br>muset být vyřazeno.<br>Odstávka linky nebo<br>zastavení dodávky                  |
|  | Zhoršení primární funkce (zařízení<br>funguje, ale při sníženém výkonu)  | 7                   | Významné<br>porušení   | Část výrobní dávky<br>bude muset být<br>vyřazena. Odchylka od<br>primárního procesu                     |
| Ztráta<br>nebo<br>zhoršení<br>sekundární<br>funkce                               | Ztráta sekundární funkce (zařízení je<br>funkční, ale funkce zajišťující<br>usnadnění/pohodlí jsou nefunkční)                    | 6                   | Mírné<br>porušení  | 100 % výrobní dávky<br>bude muset být<br>přepracováno mimo<br>linku a schváleno                         |
|  | Zhoršení sekundární funkce (zařízení<br>je funkční, ale funkce zajišťující<br>usnadnění/pohodlí jsou na nižší úrovni<br>výkonu)  | 5                   |  | Část výrobní dávky<br>bude muset být<br>přepracována mimo<br>linku a schválena                          |
| Nepří-<br>jemnost  | Vzhled nebo hluk, zařízení je funkční,<br>nicméně není ve shodě a všimla si<br>toho většina osob (> 75 %)                        | 4                   | Mírné<br>porušení  | 100 % výrobní série<br>bude muset být<br>přepracováno na<br>pracovišti před dalším<br>výrobním postupem |
|  | Vzhled nebo hluk, zařízení je funkční,<br>nicméně není ve shodě a všimlo si<br>toho hodně osob (50 %)                            | 3                   |  | Část výrobní dávky<br>bude muset být<br>přepracována na<br>pracovišti před dalším<br>výrobním postupem  |
|  | Vzhled nebo hluk, zařízení je funkční,<br>nicméně není ve shodě a všimli si toho<br>specialisté/odborníci (< 25 %)               | 2                   | Minimální<br>porušení  | Drobná nepříjemnost ve<br>vztahu k procesu,<br>operaci nebo k<br>operátorovi                            |
| Žádný<br>důsledek  | Žádný znatelný důsledek  | 1                   | Žádný<br>důsledek  | Žádný znatelný<br>důsledek  |

Tabulka č. 5: Hodnocení pravděpodobnosti výskytu vady u FMEA procesu [7]

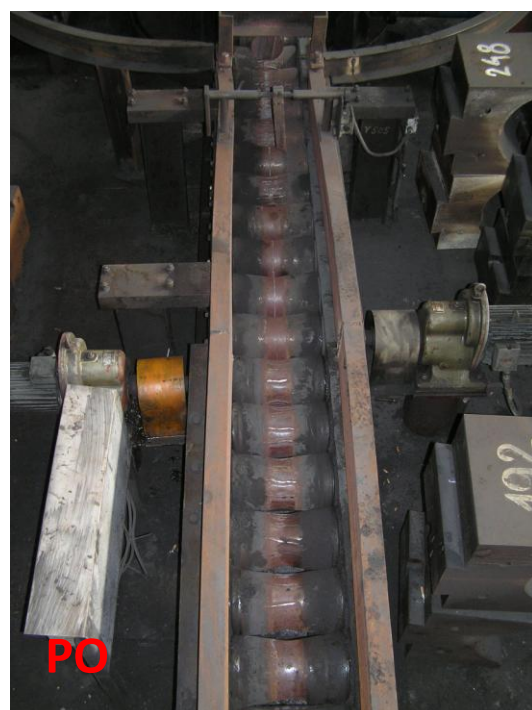
| Pravděpodobnost poruchy | Počet případů na počet objektů/zařízení         | Hodnocení |
|-------------------------|---|-----------|
| Velmi velká             | $\geq 1$ z 10                                   | 10        |
| Velká                   | 1 z 20  | 9         |
|                         | 1 z 50  | 8         |
|                         | 1 ze 100  | 7         |
| Střední                 | 1 z 500   | 6         |
|                         | 1 z 2000  | 5         |
|                         | 1 z 10 000                                      | 4         |
| Malá                    | 1 z 100 000                                     | 3         |
|                         | 1 z 1 000 000                                   | 2         |
| Velmi malá              | Porucha je eliminována nástroji řízení prevence | 1         |

Tabulka č. 6: Hodnocení pravděpodobnosti odhalení vady [7]

| <b>Možnost detekce</b>                                  | <b>Pravděpodobnost odhalení nástrojem řízení návrhu produktu</b>  | <b>Hodnocení</b> | <b>Pravděpodobnost odhalení</b> |
|---|---|------------------|---------------------------------|
| <b>Žádná možnost detekce</b>                            | Žádný nástroj řízení pro stávající proces; nelze odhalit nebo není analyzováno  | 10               | Téměř nemožná                   |
| <b>V žádné etapě není pravděpodobná možnost detekce</b> | Není snadné zjistit způsob poruchy a/nebo chybu (příčinu)   | 9                | Velmi mizivá                    |
| <b>Detekce problému po provedení operace</b>            | Detekce způsobu poruchy po provedení operace operátorem pomocí vizuálních, taktilních či akustických prostředků   | 8                | Mizivá                          |
| <b>Detekce problému u zdroje</b>                        | Detekce způsobu poruchy na pracovišti operátorem pomocí vizuálních, taktilních či akustických prostředků nebo po provedení operace s využitím atributivního měření (vyhovuje/nevyhovuje, atd.)  | 7                | Velmi malá                      |
| <b>Detekce problému po provedení operace</b>            | Detekce způsobu poruchy po provedení operace operátorem nebo na pracovišti operátorem s využitím atributivního měření (vyhovuje/nevyhovuje, utahovací klíč, atd.)   | 6                | Malá                            |
| <b>Detekce problému u zdroje</b>                        | Detekce způsobu poruchy nebo chyby (příčiny) na pracovišti operátorem a využitím měření proměnných veličin nebo automatizovaných nástrojů řízení na pracovišti, kterými se zjistí neshodný díl a uvědomí se operátor (světlo, signál). Měření se provádí při nastavení a kontrole prvního kusu. | 5                | Střední                         |
| <b>Detekce problému po provedení operace</b>            | Detekce způsobu poruchy po provedení operace automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí neshodný díl; díl se zablokuje, aby se zabránilo další výrobní operaci   | 4                | Středně velká                   |
| <b>Detekce problému u zdroje</b>                        | Detekce způsobu poruchy na pracovišti automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí neshodný díl; díl se automaticky zablokuje na pracovišti, aby se zabránilo další výrobní operaci  | 3                | Velká                           |
| <b>Detekce chyby a/nebo prevence problému</b>           | Detekce chyby (příčiny) na pracovišti automatizovanými nástroji řízení, kterými se zjistí chyba a zabrání se zhotovení neshodného dílu  | 2                | Velmi velká                     |
| <b>Detekce není aplikovatelná</b>                       | Prevence chyby v důsledku návrhu stroje nebo dílů. Neshodné díly nemohou být vyrobeny, protože objekt je díky návrhu procesu/projektu odolný proti chybám.  | 1                | Téměř jistá                     |



*Příloha č. 2: Srovnání stavu částí kovacího stroje před/po úvodním čištěním*









Příloha č. 3: Standard čištění a standard mazání

BONATRANS

HARMONOGRAM ČINNOSTÍ AUTONOMNÍ ÚDRŽBY



TPM



| Provoz: KOVÁRNA NÁPRAV |         |                     |         |                     |         |                     |         | 2010                |         |
|------------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| MĚSÍC                  | ČINNOST | ČÍS.ÚKONU (SMĚNA A) | PROVEDL | ČÍS.ÚKONU (SMĚNA B) | PROVEDL | ČÍS.ÚKONU (SMĚNA C) | PROVEDL | ČÍS.ÚKONU (SMĚNA D) | PROVEDL |
| LEDEN                  | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| ÚNOR                   | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| BŘEZEN                 | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| DUBEN                  | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| KVĚTEN                 | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| ČERVEN                 | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| ČERVENEC               | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| SRPEN                  | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| ZÁŘÍ                   | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| ŘÍJEN                  | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| LISTOPAD               | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
| PROSINEC               | ČISTĚNÍ |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |
|                        | MAZÁNÍ  |                     |         |                     |         |                     |         |                     |         |

| BONATRANS   |               | FOTODOKUMENTACE - PLÁN ČISTĚNÍ |  |                        |   | TPM         |         |
|---|---------------|--------------------------------|--|------------------------|---|-------------|---------|
| Provoz:   |               | Stroj:                         |  |                        |   |             |         |
| PVK - Kovárna   |               | kovací lis CKN 800             |  |                        |   |             |         |
| P.č.,   | Místo čištění | Způsob čištění                 | Popis čištění  | Pomůcky                | Datum a podpis                          | Interval    | Čas     |
| 10  | Lis           | Odstranění okují               | odstranění okují z okolí kovádel a sklápěče dopravníku | škrabka, lopata, metla | na konci směny + před každou přestavbou | každá směna | 10 min. |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> |               |                                |  |                        |   |             |         |
| Datum:  |               | Vypracoval:                    |  | Schválil:              |   |             |         |



Příloha č. 4: Preventivní prohlídky obsluhy a údržby na stroji CKN 800

|  <b>ROZSAH A ČETNOST PREVENTIVNÍCH PROHLÍDEK</b>  |  |              |                       |             |
|---|--|--------------|-----------------------|-------------|
| Provoz:   | Stroj:   | ÚDRŽBA       | měsíc:                |             |
| PVK - kovárna náprav  | LIS CKN 800  |              |                       |             |
| P.č.  | Popis provedení kontroly   | Interval     | Datum + podpis        | Čas (minut) |
| 1   | kontrola matic na hlavních sloupech                                    | 1 x týdně    |                       | 10min.      |
| 2   | kontrola upevnění pístnic stolu  | 1 x za směnu | <u>na každé směně</u> | 5min.       |
| 3   | kontrola šroubů na všech ucpávkách                                     | 1 x za den   | <u>DENNÍ KONTROLA</u> | 5min.       |
| 4   | kontrola upevnění hydraulických válců zarážek a klínů                  | 1 x za den   | <u>DENNÍ KONTROLA</u> | 5min.       |
| 5   | kontrola zpětných válců a jejich upevnění                              | 1 x za den   | <u>DENNÍ KONTROLA</u> | 10min.      |
| 6   | kontrola hl. lisovního válce + ucpávkové příruby a přidržovací příruby | 1 x za den   | <u>DENNÍ KONTROLA</u> | 5min.       |
| 7   | kontrola všech hyd. rozvodů - při odstávce                             | 1 x za měsíc |                       | 20min.      |
| Datum:  |  | Vypracoval:  | Schválil:             |             |

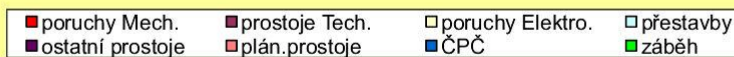
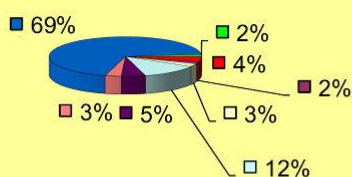
|  <b>ROZSAH A ČETNOST PREVENTIVNÍCH PROHLÍDEK</b>  |  |                             |                         |             |
|---|--|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| Provoz:   | Stroj:   | OBSLUHA                     | měsíc:                  |             |
| PVN - kovárna náprav  | LIS CKN 800  |                             |                         |             |
| P.č.  | Popis provedení kontroly   | Interval                    | datum a podpis          | Čas (minut) |
| 1   | kontrola úniku tlakové emulze z :hlavní lisovní válec , oba zpětné válce, vrchní a spodní stůl, hlavní rozvod, pomocné rozvody,tlumič rázů | 1 x za směnu                | <u>na každé směně</u>   | 10min.      |
| 2   | kontrola úniku oleje   | 1 x za směnu                | <u>na každé směně</u>   | 5min.       |
| 3   | kontrola mazání  | 1 x den                     | <u>DENNÍ KONTROLA !</u> | 5min.       |
| 4   | kontrola svorníků na vrchním a spodním stole   | 1 x za směnu                | <u>na každé směně</u>   | 5min.       |
|   |  |                             |                         |             |
|   |  |                             |                         |             |
|   |  |                             |                         |             |
| Datum: 14.1.2007  |  | Vypracoval: Rumpel Miroslav | Schválil:               |             |

Příloha č. 8: Porovnání prostojů s vlivem analýzy FMEA

KOVÁRNA NÁPRAV - PROSTOJOVOST (LEDEN 2010)

|                  |       |
|------------------|-------|
| vykováno ks.     | 4246  |
| zmetky vl.       | 0     |
| poruchy Mech.    | 1870  |
| prostoje Tech.   | 805   |
| poruchy Elektro. | 1135  |
| přestavby        | 5370  |
| ostatní prostoje | 2255  |
| plán.prostoje    | 1500  |
| ČPČ              | 30510 |
| záběh            | 715   |

Kovárna náprava - prostojovost + ČPČ - leden 2010



KOVÁRNA NÁPRAV - PROSTOJOVOST (DUBEN 2010) - vliv FMEA

|                  |      |
|------------------|------|
| vykováno ks.     | 1003 |
| zmetky vl.       | 0    |
| poruchy Mech.    | 195  |
| prostoje Tech.   | 25   |
| poruchy Elektro. | 135  |
| přestavby        | 375  |
| ostatní prostoje | 215  |
| plán.prostoje    | 0    |
| ČPČ              | 6205 |
| záběh            | 50   |

Kovárna náprava - prostojovost + ČPČ - duben 2010

